TEHNOLOGII CALITATE MAȘINI MATERIALE

5

PROGRES TEHNIC

- MODERNIZAREA FABRICAȚIEI ȘI PRODUSELOR
  - Timpul economic și modernizarea proceselor industriale
  - Tehnologia și cultura
- CONCEPTE ȘI STRATEGII
  - Locul și rolul tehnologiei
  - Reducerea consumurilor energetice
- MAȘINI, UTILAJE, SDV-uri
  - Sisteme de manipulare
  - Scule cu plăcuțe schimbabile
  - Neuniformitatea injecției la motoare
- MATERIALE. ELABORARE, UTILIZARE, REUTILIZARE
  - Materiale supraconductibile
  - Materiale pentru automobile
  - Reutilizarea lichidelor tehnologice
- TEHNOLOGII DE MARE EFICIENȚĂ ECONOMICĂ
  - Tehnologii pentru fibre optice
  - Raționalizarea și modernizarea montajului
  - Tehnologii de mărirea durabilității pieselor
- INGINERIA CALITĂȚII. FIABILITATE
  - Entropia informațională și nivelul tehnic
  - Fiabilitatea burghielor elicoidale
  - Coroziunea fisurantă și cedarea instalațiilor
- ACTUALITĂȚI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

TM
CM

TEHNOLOGII CALITATE MAȘINI MATERIALE

5



EDITURA TEHNICĂ
București, 1989

Autorii materialelor publicate
în acest volum:



ŞTEFAN ISPAS
BRAD SEGAL
VASILE MORARU
ALEXANDRU PAVEL
MARIN MITRACHE
VLADIMIR CÂRDEI
NICOLAE POPESCU
MIHAELA ŞTEFAN
MARIN COMAN
CLAUDIU ŞTEFĂNESCU
DRAGOMIR TOPAL
ELENA GAGEONEA
DOLPHI DRIMER
CORNEL VLAD
GHEORGHE MANEA
DAN POPOVICI
RADU NEGRIU
GHEORGHE DECUSEARĂ
IOAN MARINESCU
TITI TURCOIU
CONSTANTIN HRISTESCU
RADU IATAN
IOAN STATE
GHEORGHE BLÂNDU

Colectivul de redacţie:

VASILE BUZATU (red. coord.)
MARIA ANTOINETTE IONESCU
PAUL IORDĂNESCU
NICOLAE VOICU

Cuprins

I. Modernizarea fabricației și produselor 5

1. Timpul economic — element de referință în deciziile de modernizare a proceselor industriale (Gheorghe Manea) 6
2. Tehnologia și cultura. Necesitatea unor reevaluări (Brad Segal) . . . 21
3. Din realizările institutelor de cercetare științifică și inginerie tehnologică. Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Construcții de Mașini I.C.T.C.M. 26

II. Concepte și strategii de introducere a tehnologiilor moderne . . . . .

4. Un punct de vedere privind locul și rolul tehnologiei în societatea contemporană (Ștefan Ispas) 36
5. Reducerea consumurilor energetice la instalațiile de protecție a suprafețelor prin vopsire (Dan Popovici) 61

III. Mașini, utilaje și SDV-uri. Proiectare, construcție, tipizare 77

6. Alegerea structurii unor sisteme de manipulare de tip antropomorf (Vladimir Cârdei, Nicolae Popescu, Mihaela Ștefan, Marin Coman) . 78
7. Scule cu plăcuțe din carburi metalice sinterizate schimbabile reascuțibile (Gheorghe Blîndu) 88
8. Despre neuniformitatea injecției la motoarele cu aprindere prin comprimare (Titi Turcoiu) 95

IV. Materiale. Elaborare, utilizare, reutilizare 107

9. Materiale supraconductibile. Stadiul actual și perspective (Claudiu Ștefănescu) 108
10. Noi Materiale pentru industria de automobile (M. Mitrache) . . . 113
11. Reutilizarea lichidelor tehnologice prin tratarea lor în cîmp centrifugal (Constantin Hristescu, Radu Iatan) 132

V. Tehnologii industriale de mare eficiență economică 153

12. Tehnologii și materiale pentru obținerea fibrelor optice (Dolphi Drimer, Cornel Vlad) 154
13. Raționalizarea și modernizarea montajului (Dragomir Topal) 169
14. Procedee tehnologice noi pentru mărirea durabilității organelor de mașini supuse la uzură (Radu Mihai Negriu, Gheorghe Decuseară, Ioan Marinescu) 184

VI. Ingineria calității. Fiabilitate 205

15. Evaluarea nivelului tehnic al produselor cu ajutorul entropiei informaționale (Ioan State) 206
16. Determinarea comparativă a fiabilității burghielor elicoidale frezate și extrudate (Elena Gageonea) 221
17. Coroziunea fisurantă în mecanica cedării componentelor de instalații tehnologice (Alecsandru Pavel) 230

VII. Actualități și informații tehnico-științifice 245

18. A VII-a Conferință națională de Mașini-Unelte 246
19. Scurte informații tehnice 248





I

MODERNIZAREA FABRICAȚIEI ȘI PRODUSELOR

1
Timpul economic — element de referinţă în deciziile de modernizare a proceselor industriale

Gheorghe Manea
Institutul de Economie Industrială

Timpul economic — categorie de bază a ciberneticii economice* este fundalul pe care se desfăşoară toate activităţile temporale ce caracterizează evoluţia unui proces industrial. Dintre aceste activităţi, în cele ce urmează, vor fi evidenţiate acelea care ajută la definirea conceptului de timp economic optim, care pot orienta măsurile de modernizare a activităţii productive sau facilita analiza, simularea, proiectarea (sau reproiectarea) proceselor tehnologice.

A. Astfel, un prim set de activităţi se referă la „apariţia“ sistemului tehnologic, acesta fiind caracterizat prin:

1. Durata elaborării procesului tehnologic.
2. Durata realizării instalaţiei industriale.

1. Evident că reducerea duratei totale de elaborare a procesului tehnologic (de la idee la instalaţia semiindustrială-demonstrativă) este importantă pentru succesul pe piaţă al produselor (ca preţ şi volum de desfacere). În valori absolute, durata elaborării procesului tehnologic este specifică fiecărei ramuri industriale şi grupe de produse. În fig. 1.1 se redă această etapă în cadrul ciclului de viaţă al produselor pesticide din industria chimică: zece ani durează activitatea de cercetare — marcată de înregistrarea brevetului pentru protecţia noutăţii — următorii patru ani sînt destinaţi testării noului produs, comportării acestuia faţă de ecosistem, majorîndu-se, astfel, durata cercetării, la 14 ani, durată considerată normală pentru produsele şi tehnologiile noi.

Eforturile financiare şi umane mari implicate în această etapă (tabelul 1.1) impun, uneori, recurgerea la forma colaborării între firme şi ţări (inclusiv colaborarea internaţională în cazul unor programe de anvergură ştiinţifică sau tehnică). De pildă, la elaborarea procedeului Dynacraking de prelucrare a ţiţeiului greu, au contribuit 15 firme din 6 ţări industrializate [2].

Această formă de „contractare“ a timpului de elaborare a noilor produse şi tehnologii pare a caracteriza organizarea activităţii de cercetare-dezvoltare (*C*+*D*) pentru succesul programelor de elaborare de produse şi tehnologii noi, de importanţă economică (sau strategică, militară) deosebită.

---

* Categoria de timp economic reflectă şi raporturile de succesiune sau de simultaneitate a proceselor economice, duratele, ritmurile activităţilor ce au loc în cadrul sistemelor cibernetico-economice, sintetizînd dinamismul dezvoltării economico-sociale [1].

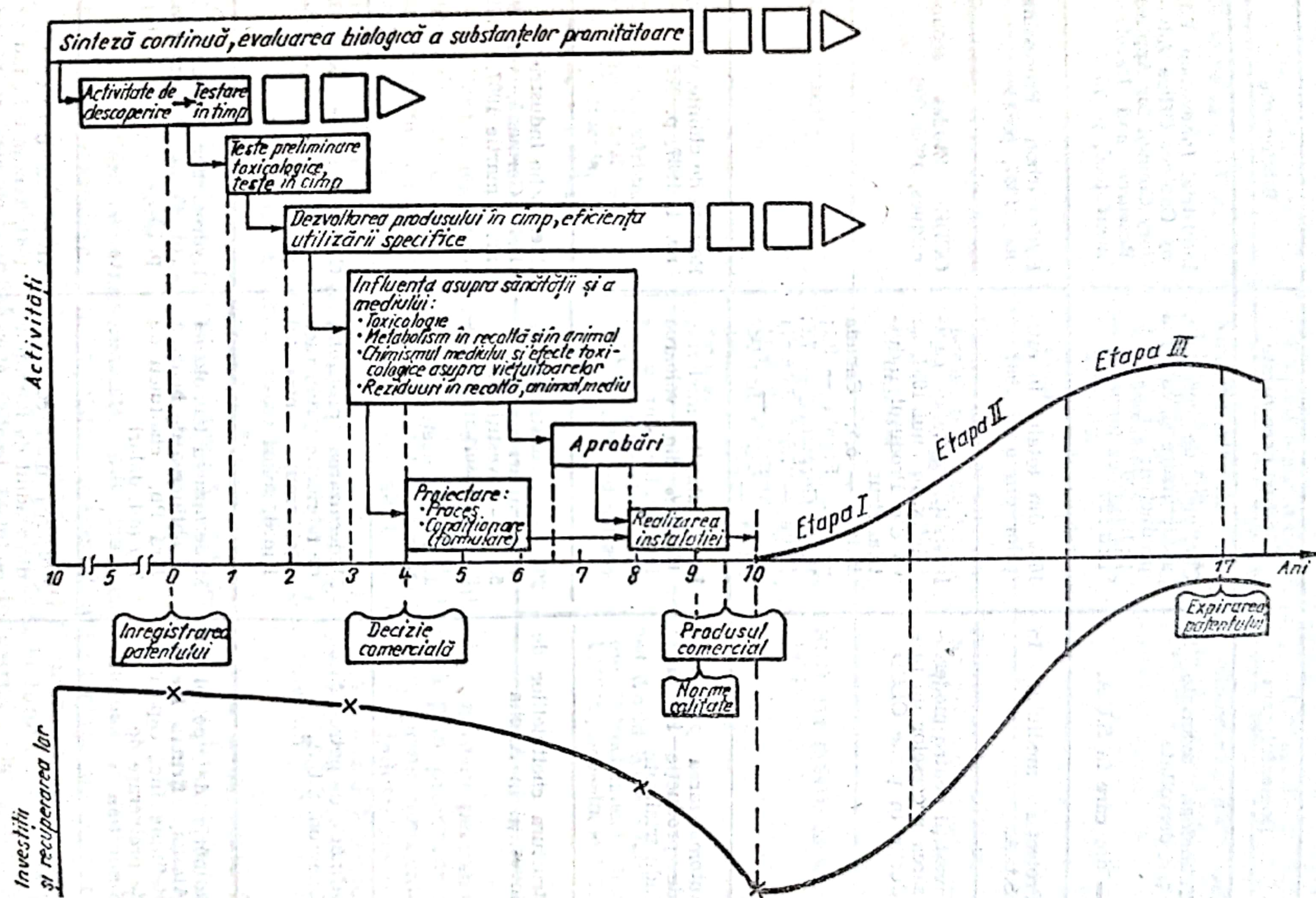

Sinteză continuă, evaluarea biologică a substanțelor promițătoare
Activitate de descoperire
Testare în timp
Teste preliminare toxicologice, teste în cîmp
Dezvoltarea produsului în cîmp, eficiența utilizării specifice
Influența asupra sănătății și a mediului:
• Toxicologie
• Metabolism în recoltă și în animal
• Chimismul mediului și efecte toxicologice asupra viețuitoarelor
• Reziduuri în recoltă, animal, mediu
Aprobări
Proiectare:
• Proces
• Condiționare (formulare)
Realizarea instalației
Activități
Etapa I
Etapa II
Etapa III
10
5
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
17
Ani
Înregistrarea patentului
Decizie comercială
Produsul comercial
Norme calitate
Expirarea patentului
Investiții și recuperarea lor

Fig. 1.1.

Tabelul 1.1. **Eforturi necesare modernizării instalațiilor, tehnologiilor, produselor și structurii de fabricație din industria chimică**

Domeniul, țara	Eforturi preconizate	Bibliografie
Tehnologii avansate în țări dezvoltate — din care în S.U.A.	Cheltuieli de cercetare, modernizare și valoarea producției: 1 : 10 : 100 1 : 3 : 20	Industrial Innovation, Ed. by Cabinet Office Advisory Council for Applied Research and Development 1980, p. 13
Protecția mediului în S.U.A.	16% din totalul investițiilor din anul 1987	Hydrocarbon Processing ian. 1987, p. 15
Investiții pentru modernizarea proceselor de producție în țările OECD	Investiții brute de capital fix, în anul 1984, ca % din Produsul Industrial Brut Belgia — 5,5; Canada — 6,8; Franța — 9,1; R. F. Germania — 7,9; Italia — 7,5; Japonia 9,8; Anglia — 8,11; S.U.A. — 7,6	OCDE: Études économiques, 1985/1986
Automatizarea proceselor de producție în țările industrializate	În instalațiile moderne, 15—20% din valoarea investițiilor sînt destinate automatizării proceselor tehnologice	Revista de chimie, vol. 38, nr. 4, 1987, p. 325
Structura cheltuielilor de investiții în Anglia	29% — reconstrucție și modernizări 50% — investiții noi 9% — conservarea energiei 12% — protecția mediului	Chemische Industrie R. D. Germană, vol. 39, nr. 3, martie 1987, p. 129
Rafinărie de petrol, firma Chevron, S.U.A.	Modernizarea profilului de fabricație (prelucrare țiței greu) a necesitat 1 mrd. dolari	Compresed Air, vol. 89, nr. 10, oct. 1984, S.U.A., p. 21
Rafinărie de petrol în Alaska, firma Pacific Refining Inc., capacitate de prelucrare de 5 mil. t/an	Modernizarea tehnologiei și obținerea de benzină fără Pb, cheltuieli de 750 mil. dolari	Hydrocarbon Processing, vol. 65, nr. 10, oct. 1986, p. 25
Coloranți	Aducerea unui colorant din stadiul de laborator pe piață, implică eforturi de 800 000 dolari	MICh. Studiu CCCSAEM, 1984, Tendințe în industria chimică și petrochimică mondială

Tabelul 1.1 (continuare)

Domeniul, țara	Eforturi preconizate	Bibliografie
Biotehnologii, S.U.A.	Numărul critic de personal și fondurile financiare necesare startului cercetării în domeniul biotehnologiei sînt: — personal 25 doctori în domeniu, — capital 12...12 mil. dolari	Development and Change, vol. 16, nr. 1, ian. 1985, p. 61—92
Pesticide, R. F. Germania	Cheltuielile necesare elaborării unui pesticid, de la sinteză la comercializare sînt de 60...80 mil. DM	Informations Chimie, nr. 227, iunie/iulie 1982, p. 107—109
Medicamente	Elaborarea unui nou medicament înseamnă eforturi financiare de 90 mil. dolari și 10 ani testare pînă la lansarea pe piață	BIKI 114 (5 841), 26 sept. 1985
Gazeificare cărbuni, Procedeu Lurgi — R. F. Germania, capacitate de 14 000 t/zi	Eforturi investiționale de 8 mrd. dolari	2nd World Wide Study on the Petrochemical Ing., UNIDO, mai—iunie 1981

Pentru colectivele de $C+D$ de dimensiuni mici (inclusiv persoane individuale) se stimulează procesul creativ în tehnică prin promovarea unor forme noi de trecere rapidă de la idee la produs, forme cunoscute sub denumirea de tehnopoli, parcuri științifice, complexe industriale integrate etc. [3] care s-au dovedit eficace, îndeosebi în domeniul tehnologiilor și produselor tehnicilor de vîrf (microelectronică, de exemplu); aceste forme de organizare a activității de $C+D$ cunosc un proces accelerat de proliferare în țările industrializate.

2. Realizarea instalațiilor industriale, ca durată în timp, poate fi etapă critică pentru eficiența economică a fabricației și pentru aprecierea mărimii decalajului de nivel tehnic și calitativ față de alte produse și tehnologii existente.

Pe filiera cercetare-instalație industrială este inclusă și etapa de proiectare, considerată în literatura de specialitate ca etapă unde apare uzura morală a cercetării: se poate considera [4] că uzura morală a unui proiect variază între 0—100%. Pentru menținerea la limita inferioară a decalajului, se apelează, în unele ramuri industriale, la sistemele CAD/CAM apărute în anii '70 și a căror dinamică de implementare este foarte vie. Iată de exemplu, în Japonia [5], numărul sistemelor CAD/CAM

Tabelul 1.2. **Durata de viață economică a unor produse, utilaje și tehnologii, ca evoluție în timp***

	Anul (perioada) aprecierii	Viața economică ani (aprox.)
Utilaje industriale	1975 1980	21 8—10
Tractoare	1970 1980	16—20 6—8
Autocamioane	1970 1980	peste 7 5—7
Avioane	1950 1980	10 8
Brevete, licențe	1960 1980	10—15 3—7
Tehnologii	1960—1970 1970—1980	8—12 6—8
Produse electronice	1970—1980 1980—1985	peste 5 3—5
Tehnică de calcul	1978 1984 1989	4 2 1,5

vîndute către unitățile industriale din țară, au cunoscut următoarea evoluție numerică:

1978 . . . 144 sisteme
1979 . . . 98 sisteme
1980 . . . 160 sisteme
1981 . . . 260 sisteme
1982 . . . 1 050 sisteme
1983 . . . 1 212 sisteme
1984 . . . 1 829 sisteme
1985 . . . 2 351 sisteme

Numărul cel mai mare de sisteme CAD/CAM a fost (în Japonia) înregistrat (19% din totalul vînzărilor) în unitățile din industriile electrotehnică și electronică, unde timpul de viață al produselor și tehnologiilor a ajuns la 2 ani (tabelul 1.2).

Proiectarea convențională, neasistată de calculator, induce uzura morală instalațiilor și produselor, fiind o formă de organizare a proiectării, depășită.

---

* Prelucrare după: „Revista Economică“ nr. 49/4, dec. 1987, p. 14; „Promovarea susținută a progresului tehnico-științific, premisă esențială pentru creșterea productivității muncii“, de Tănăsescu Fl., în: Era socialistă nr. 1/1985, p. 21, și „Problèmes économiques“ nr. 2021/1987, p. 26.

Altă formă de reducere a duratei de realizare a instalațiilor industriale este realizarea acestora de tip polifuncțional și în ramurile în care, pînă acum, această formă de organizare nu se manifesta (industria chimică, de exemplu). În acest caz, adaptarea instalației de la o fabricație la alta, se face într-un timp scurt și cu minimum de cheltuieli.

Revenind la fig. 1.1, se observă că abia după 20 ani de activitate de $C+D$ și de investiții, produsul a apărut pe piață; viața lui este însă, scurtă, deoarece, în cazul produselor pesticide, după circa 3 ani de aplicare apare biorezistența dăunătorilor la acțiunea substanțelor chimice. Deci, pentru a amortiza instalația proiectată a fi exploatată timp de 6—8 ani (alteori mai mult), trebuie exportat produsul în zone agricole unde chimiorezistența dăunătorilor nu s-a instalat, sau, pe aceeași instalație, să se producă un alt pesticid, înrudit chimic cu primul. Acest tip de instalație polifuncțională (în afara industriei constructoare de mașini, caz tipic) începe să se diversifice ca tipologie [6], în industria chimică cunoscîndu-se instalații pentru a produce 3—4 tipuri de polietilenă (PEID, PEJD, LLDPE, HMWD)* cu reducerea corespunzătoare a volumului de investiții [7], de condiționare de medicamente (în R.P. Ungaria), de condiționare îngrășăminte chimice [8], de prelucrat materiale plastice uzate (în R.P. Bulgaria), de sintetizat unele tipuri de coloranți etc.

Reducerea duratei etapei de proiectare determină și timpul de răspuns al fabricației la cererea pieței, flexibilitatea, astfel definită, fiind esențială pentru menținerea și pătrunderea produselor pe noi segmente ale pieții [9]. În industria construcțiilor de mașini, apariția sistemelor flexibile de fabricație reduce la minimum timpul de răspuns tehnologic la noile comenzi, cu condiția ca inerția temporală a compartimentului proiectare să nu anuleze avantajele sistemului flexibil de producție: recurgerea, în acest caz, la sistemul CAD/CAM face ca tandemul dezvoltare (proiectare)/execuție să evolueze în durate minime de timp.

Recunoscînd importanța etapei de proiectare în realizarea instalațiilor industriale în termene cît mai reduse de timp față de data disponibilității tehnologiei și pentru adaptarea rapidă a instalațiilor industriale la cererea pieții, în Marea Britanie s-a înființat un organism guvernamental, cunoscut sub denumirea de „Consiliul de Proiectare“, care are ca obiectiv „încurajarea prin toate mijloacele posibile a optimizării proiectării produselor în industria britanică“, optimizarea fiind înțeleasă ca reducere de timp de proiectare.

Pentru firmele sau țările care achiziționează licențe sau asimilează în fabricație produse cunoscute (cazul general al țărilor în curs de dezvoltare) care nu și-au organizat, sau nu pot susține programe de cercetare fundamentală — generatoare de tehnologii și produse noi), reducerea timpului de realizare a instalațiilor industriale face ca decalajul de nivel tehnic și calitativ dintre produsele și tehnologiile proprii și cele similare, reprezentative pentru nivelul atins pe plan mondial, să nu se mărească excesiv.

În întîmpinarea acestui deziderat a apărut practica instalațiilor mobile, modulate și preasamblate (în legătură și cu forme corespunzătoare de comercializare prin leasing) care pot fi achiziționate și ampla-

---

* PEID — polietilenă de înaltă densitate, PEJD — polietilenă de joasă densitate, LLDPE — polietilenă liniară, HMWD — polietilenă cu greutate moleculară foarte mare.

sate la beneficiar foarte rapid. În practica mondială pot fi sesizate următoarele tipuri de instalaţii:

— Instalaţii mobile şi semimobile care se amplasează lîngă resursele de materii prime, simplificîndu-se operaţiile şi infrastructura legate de transportul materiilor prime. Instalaţiile mobile şi semimobile acoperă, deja, o varietate de tipuri de procese de producţie ca: instalaţii de prelucrare a produselor petroliere, a gazelor naturale, de îngrăşăminte chimice, de fabricare a celulozei, de materiale de construcţie etc. Preocupări intense [10] sînt evidenţiate, în principalele ţări industrializate, în conceperea, testarea şi exploatarea instalaţiilor mobile proiectate a funcţiona în spaţiul extraterestru.

Sînt de aşteptat să se preia unele elemente din tehnica instalaţiilor spaţiale şi pentru practica terestră, extinzîndu-se tipologia produselor şi tehnologiilor ce pot fi „mobilizate" în industrie.

Instalaţiile semimobile se amplasează pe platforme tip treiller sau pe baraje maritime ori fluviale şi astfel se transportă pînă la locul final de amplasare, unde se fixează pe sol sau sînt ancorate în larg sau la ţărm şi cuplate la procesul de fabricaţie [11].

— Instalaţiile modulate, tipizate, preasamblate deplasează operaţia de construcţii şi montaj de la beneficiar la furnizor, reducîndu-se, astfel, durata realizării construcţiilor şi evitîndu-se efortul de concentrare a unor colectivităţi umane, relativ numeroase, de constructori, monteuri, instalatori etc., cu toate complicaţiile sociale, financiare şi ca durată de timp ce decurg din aceasta [12].

Instalaţiile de sinteză a amoniacului, esenţiale pentru obţinerea îngrăşămintelor chimice cu azot, strigent necesare ţărilor în curs de dezvoltare pentru ameliorarea crizei alimentare, sînt oferite de S.U.A. ca module preasamblate sau semimobile, cu greutate unitară pînă la 1 000 t. Pentru instalaţii de mici dimensiuni, cu capacitate de 50—100 t/zi, greutatea modulelor se situează între 20—40 t putînd fi uşor tractate şi montate. Pentru obţinerea de îngrăşăminte chimice complexe, de timpul NPK, modulele oferite corespund unor instalaţii cu capacitatea de 5—20 t/zi [13].

În domeniul prelucrării ţiţeiului, o firmă din Anglia oferă 14 tipuri de instalaţii preasamblate, ce pot fi combinate după cererea beneficiarului, impusă de profilul de fabricaţie [14].

— Instalaţiile realizate din subansamble, produse de furnizori specializaţi şi asamblate la locul de amplasare a viitoarelor instalaţii industriale, permit reducerea timpului de construcţie. De exemplu, la Conferinţa Internaţională asupra Uzinelor Flotante (Paris, octombrie 1980), firma franceză Ensambles Industriels des chantiers de l'Atlantique a prezentat modulele compartimentului energetic al unei hidrocentrale cu puterea instalată de 72 MW, module construite în Franţa şi transportate în S.U.A. Construcţia a început în luna septembrie 1980 la Şantierul Saint-Nazaire, livrarea fiind programată pentru luna iunie 1981; amplasarea în baraj s-a făcut în august 1981, iar punerea în funcţiune în perioada aprilie—iunie 1982. Greutatea totală a livrării a fost de 6 500 t, traseul măsurînd 2 600 km, inclusiv transportul pe fluviile Mississippi şi Ohio pînă la destinaţie (localitatea Greenup), pescajul subansamblelor fiind de 2,74 m [15].

Toate aceste modalităţi de reducere a duratei de construcţie a instalaţiilor industriale (şi un exemplu prezentat pentru o instalaţie energetică) au corespondenţă şi în costul instalaţiilor şi mai ales, în controlul mărimii decalajelor de timp stabilite în momentul punerii în funcţiune a

instalaţiei noi faţă de cele existente. Acest decalaj marchează nivelul tehnic, calitativ al proceselor şi eficienţa fabricaţiei.

Mărimea acestui decalaj condiţionează deciziile ulterioare de modernizare a fabricaţiei, a nomenclatorului de produse, a organizării programelor de $C+D$ complementare strategiei de dezvoltare a produselor sau grupelor de produse etc.

Decalajul de timp al fabricaţiei proprii faţă de etalonul reprezentativ pe plan mondial se profilează a fi principalul indicator de timp ce caracterizează o instalaţie industrială în momentul punerii acesteia în funcţiune. Acest indicator nu dă indicaţii numai despre uzura morală a produselor şi tehnologiilor (deci a competitivităţii lor pe piaţă), dar reprezintă, în acelaşi timp, şi o măsură a potenţialului propriu de $C+D$ pentru realizarea de instalaţii industriale. Decalaje mai mari de 15 ani sînt specifice ţărilor care au adoptat politici de asimilare a produselor şi tehnologiilor fără a organiza şi elaborarea de tehnologii şi produse noi şi ansamblul măsurilor de perfecţionare continuă a produselor şi tehnologiilor asimilate.

Se poate observa, că primul set de indicatori de timp redau noutatea sistemului productiv faţă de altele similare, evidenţiind obsolescenţa (sau lipsa acesteia), din start, faţă de un proiect sau o instalaţie de referinţă.

Decalajele existente faţă de procese industriale similare, orientează programele de modernizare [16], ajută la stabilirea orizonturilor de timp in strategia dezvoltării, la reducerea sau anularea decalajelor de timp, reflectate în nivelul tehnic, calitativ şi în eficienţa fabricaţiei.

B. Următorul set de indicatori de timp în care evoluează un proces de fabricaţie se referă la:

3. Durata de viaţă a produselor.
4. Durata de viaţă a tehnologiilor.
5. Durata de viaţă a infrastructurii de producţie (baza tehnico-materială de fabricaţie).
6. Timpul de prelucrare a materiilor prime şi semifabricatelor.

Se caracterizează prin aceşti indicatori evoluţia procesului productiv în interdependenţa temporală dintre infrastructura de fabricaţie, utilitatea socială a produsului şi eficienţa cu care societatea foloseşte potenţialul de muncă, prin intermediul timpului de prelucrare a materiilor prime şi semifabricatelor (ca productivitate a muncii sociale).

3. Durata de viaţă a produselor cunoaşte o reducere accentuată (tabelul 1.2) datorată, în special, progresului ştiinţei şi tehnicii. Prelungirea artificială a duratei de viaţă se încearcă a se face prin conferirea unei a doua funcţiuni produselor (o altă valoare de întrebuinţare), ceea ce se cunoaşte sub denumirea de polifuncţionalitate a produselor [17]. Redusă ca amploare, polifuncţionalitatea este o tehnică de prelungire a ciclului de utilizare a unui produs care presupune folosirea, în continuare, a produsului, cu sau fără modificări a morfologiei acestuia. Funcţiile succesive ale unui produs duc, implicit, la prelungirea duratei de utilizare. Polifuncţionalitatea astfel, definită presupune:

— un efort pe plan conceptual, în sfera proiectării, pentru găsirea domeniilor succesive de utilizare a aceluiaşi produs;

— o eficienţă economică direct proporţională cu numărul de cicluri de funcţionare. Se obţine astfel, o relaţie directă între talent, inteligenţă şi valoarea de întrebuinţare a produselor polifuncţionale, acestea devenind replica pe care inteligenţa umană o dă scumpirii sau diminuării

resurselor de materii prime și energie și reducerii continui a duratei de viață a produselor.

În cele ce urmează se redau cîteva exemple de utilizare polifuncțională a unor produse, astfel ca durata de viață a acestora să fie maximă:

— La vînzarea fructelor sînt folosite lădițe nereturnabile (pierdute), confecționate din lemn, polimeri sau materiale compozite și care au proprietatea de a fi pliate, după o primă utilizare și refolosite, la nevoie, în formă puțin modificată, pentru depozitarea, în camerele de provizii a populației sau a consumatorilor de dimensiuni mari (cantine, restaurante etc.), înlocuind dotările convenționale, greoaie și scumpe, ca dulapuri, rastele, etajere etc., acest tip de ambalaje putîndu-se stivui și prelua, spre păstrare, fructe, legume care, pe măsura consumării lor, fac ca ambalajele devenite de prisos să se plieze.

— Sacii pentru îngrășăminte chimice (confecționați din polietilenă sau polipropilenă) devin inutili după utilizare. Locuitorii satelor îi folosesc la protecția furajelor, ca obloane transparente împotriva viscolului. O practică apărută în S.U.A. constă în dotarea fermierilor cu dispozitive simple (de tipul unui clește încălzit electric), care permite, ca din sacii goi, să se confecționeze prelate de dimensiuni mari, folosite la acoperirea solariilor de legume, la protecția inventarului agricol, la acoperirea solului pentru păstrarea căldurii sau pentru distrugerea buruienilor.

— În Japonia, cercuri de afaceri duc o politică activă pentru promovarea jocurilor distractive, nu numai în lumea copiilor ci și a adulților. În acest sens, unul dintre jocurile care a devenit popular, denumit Jigsaw, poate fi folosit și la decorarea locuințelor (joc tip puzzle), ceea ce explică, de-altfel și marea lui popularitate.

— Un butoi cu capacitatea de 200 l este folosit la transportul produselor granulate sau pulverulente. El este confecționat din două capace poligonale, în jurul cărora se rulează o foaie de polietilenă de tip carton ondulat consolidată exterior cu benzi autoadezive sau de tip balot. Conținutul butoiului se protejează cu un sac subțire de polietilenă sau polipropilenă de dimensiuni mari.

După utilizare, elementele butoiului, pliate, pot fi returnate furnizorului pentru reluarea ciclului de transport sau valorificate astfel: capacele butoiului se întrebuințează drept dale pentru pardoseală rezistentă la șoc, ușor de curățat, iar pereții laterali, deveniți o foaie plană, sînt utilizați ca panouri despărțitoare în halele industriale, polițe pentru rafturi, ambalaje antișoc, panouri decorative etc.

— În țara noastră, ambalarea muștarului se face și în recipienți de sticlă de tip pahar: după consumarea muștarului, ambalajul își reia funcția de pahar, putînd fi des întrebuințat în acest scop în cantine, bufete, gospodării.

4. Durata de viață a tehnologiilor poate fi diferită de cea a produselor și de cele mai multe ori, mai mică decît a acestora. Devine evidentă astfel, necesitatea prelungirii duratei de viață a tehnologiilor, ceea ce impune perfecționarea continuă a lor în funcție nu numai de îmbunătățirea performanțelor tehnice ale produselor, dar și de performanțele economice precum reducerea consumurilor specifice de materii prime și de energie, reducerea cantităților de deșeuri și subproduse de fabricație — diminuarea astfel, a impactului cu mediul înconjurător — creșterea valorii de întrebuințare a produselor și a gradului de valorificare a resurselor naturale și umane.

Ca practică modernă, perfecţionarea proceselor tehnologice, în scopul prelungirii ciclului de viaţă al acestora, se poate realiza prin:

— achiziţie continuă de brevete, licenţe etc.;

— organizarea sectorului de $C+D$ propriu pentru susţinerea introducerii progresului tehnic în tehnologie;

— perfecţionarea procesului prin tehnici de tipul operării evolutive;

— autoperfecţionarea proceselor tehnologice pe seama valorificării informaţiilor de proces folosite ca feed back al sistemului tehnologic.

Pentru prima categorie de practici de perfecţionare a proceselor tehnologice se redă, în tabelul 1.3, raportul dintre importul şi exportul de tehnologie al Japoniei, în perioada 1971—1983, observîndu-se că, concomitent cu importul de tehnologii s-a organizat şi valorificarea tehnologiilor proprii, exportul acestora crescînd în perioada de referinţă de peste 8 ori.

În Anglia, în conturarea liniilor strategice ale cercetării se consideră că nivelul tehnologiilor aplicate în economia naţională este critic pentru prosperitatea şi locul Marii Britanii pe piaţa mondială. În acest sens, se recomandă creşterea ratei inovării în industria naţională şi achiziţia masivă de tehnologii din exterior în domeniul tehnicilor şi produselor de vîrf.

Tabelul 1.3. **Importul şi exportul de tehnologie al Japoniei între anii 1971—1983 (mrd Yeni)***

Anul	Import de tehnologie	Export de tehnologie
1971	135	27
1975	169	67
1980	240	160
1983	322	241

* Sursa: OCDE, Etudes Economiques 1984/1985, Japan, august 1985, p. 95.

În R.P. Ungară se consideră că achiziţionarea de licenţe străine permite un progres mai rapid pentru tehnică, cu mai puţine riscuri şi cheltuieli pentru ţara importatoare. Se evită munca dublă de cercetare-dezvoltare, se reduc decalajele de nivel tehnic şi calitativ faţă de realizările, reprezentative, mondiale.

În R.S. Cehoslovacia se preconizează sporirea achiziţiilor de licenţe şi brevete necesare modernizării şi refacerii bazei tehnologice şi tehnice de producţie. Concomitent cu lărgirea importului de licenţe, se propune şi oferirea la export a realizărilor proprii în domeniile tehnicii.

U.R.S.S. consideră important să se stimuleze activitatea creatoare proprie în domeniul ştiinţei şi tehnicii — bază pentru reuşita programului de modernizare a industriei; ţara trebuie să se înscrie, într-o măsură din ce în ce mai mare, în circuitul comerţului mondial cu tehnologii.

Organizarea activităţii proprii de $C+D$, conexă tehnologiilor aplicate, este o caracteristică a ţărilor industrializate care, în acest fel, îşi perfecţionează continuu tehnologiile — condiţie obligatorie a comercializării acestora pe piaţa externă. De pildă, cu un asemenea sistem de modernizare continuă a instalaţiilor şi tehnologiilor, firma I.C.I. din Anglia a exportat tehnologia de fabricare a PEJD în 24 ţări, iar o altă tehno-

logie, dezvoltată tot în Anglia, în domeniul materialelor de construcţie (glass reinforced cement) s-a vîndut, ca licenţă, la 600 firme din 40 ţări.

În această formă de organizare a perfecţionării continue a tehnologiei, comercializarea acesteia amplifică activitatea economică, reduce dependenţa activităţii firmelor respective faţă de resursele de materii prime şi energie şi faţă de conjunctura, fluctuantă, de pe piaţa produselor. „Inteligenţa tehnică" se înscrie, în această formă de organizare a proceselor industriale ca resursă a procesului efector.

Operarea evolutivă, bine cunoscută şi în ţara noastră încă din anii '70 permite perfecţionarea proceselor tehnologice pe baza valorificării experienţei proprii, metoda dovedindu-se capabilă să ducă la sporirea notabilă a producţiei obţinute pe aceeaşi instalaţie industrială (ca volum fizic şi calitativ).

Valorificarea informaţiilor tehnologice, ca feed back al procesului efector se înscrie ca metodă modernă şi eficace de autoperfecţionare, aceasta însemnînd organizarea corespunzătoare a prelucrării şi valorificării informaţiilor de proces, din care echipamentul propriu acestui scop (inclusiv de tipul sistemelor expert) şi specialiştii de proces sînt factori esenţiali ai autoperfecţionării tehnologiei.

Prin aplicarea acestui concept în activitatea economică a unităţilor de producţie, informaţiile de proces se regăsesc sub formă comercializată ca brevete, licenţe, know-how, asistenţă tehnică, consulting, programe pentru calculator etc., lărgindu-se astfel, mult, aria de activitate a procesului industrial şi, bineînţeles, şi viaţa economică a acestuia.

5. Durata de viaţă a infrastructurii de fabricaţie este stabilită prin datele de proiectare (cu corespondent în normele de amortizare economică), prelungirea acesteia realizîndu-se prin intermediul reparaţiilor capitale.

Pentru a reduce sau elimina uzura morală, reparaţiile capitale cuprind, în mod obligatoriu, elemente de noutate tehnică, ele constituind ocazia principală de modernizare a infrastructurii de fabricaţie. Pentru instalaţii cu durată de viaţă redusă, reparaţiile capitale (care de-altfel şi-au mărit continuu intervalul dintre două RK, şi au ajuns în prezent, la 2—4 ani) nu mai sînt necesare întotdeauna.

În general, durata de viaţă a utilajelor şi echipamentelor poate fi diferită de durata de viaţă a produselor, cazul ideal întîlnindu-se la echivalenţa celor două durate de timp.

Cînd durata de viaţă a infrastructurii de fabricaţie depăşeşte durata de viaţă a produselor (cazul instalaţiilor din industriile constructoare de maşini, electrotehnică, alimentară, parţial industria chimică etc.) adaptarea funcţională a acesteia la altă tipologie de produse poate prelungi viaţa economică a instalaţiei.

Pentru cazul invers, (industriile metalurgică, chimică, prelucrarea ţiţeiului, electronică etc.), reînnoirea şi modernizarea continuă a bazei tehnico-materiale de fabricaţie se impune pentru a prelungi durata de viaţă a infrastructurii şi a o apropia de durata totală a ciclului de viaţă al produselor. Un exemplu tipic poate fi constituit de instalaţiile de sinteză a amoniacului — cap de serie în domeniul îngrăşămintelor chimice azotoase — unde schimbările de ordin calitativ în infrastructura de fabricaţie se referă — de aproximativ 20 ani — la fazele şi utilajele corespunzătoare acestora ce pot reduce consumul energetic al fabricaţiei; de altfel, reducerea consumurilor tehnologice este principalul criteriu de modernizare a bazei tehnico-materiale de producţie.

Un caz aparte îl prezintă instalaţiile ale căror materii prime nu mai sînt disponibile (rafinăriile de petrol amplasate în ţările lipsite de resurse), sau ale căror profile de producţie nu mai sînt eficiente economic (prin depărtarea faţă de resurse, conjunctura nefavorabilă a pieţii etc.). Dezvoltarea produselor şi tehnologiilor alternative (combustibili lichizi obţinuţi din cărbune, din metanol, sau direct din gaze de sinteză) poate recurge la folosirea parţială a infrastructurii existente de fabricaţie. De remarcat, că din motive constructive, de multe ori, instalaţiile industriale se realizează fizic, pentru o viaţă de funcţionare de circa 20 ani.

6. Timpul de prelucrare este determinant pentru caracterizarea productivităţii muncii sociale, iar ca măsură a muncii vii înglobate în produs, devine factor de competitivitate al acestuia pe piaţă.

Mecanizarea, automatizarea, organizarea muncii, cibernetizarea activităţii productive sînt mijloace prin care s-a acţionat, succesiv, pe întreg procesul istoric al evoluţiei industriale pentru creşterea nivelului productivităţii muncii, reducerea eforturilor umane, creşterea eficienţei fabricaţiei.

Norme contemporane de reducere a timpului de prelucrare pot fi căutate în practicile de robotizare, de introducere a sistemelor CAD/CAM, a sistemelor expert de minimizare/maximizare a duratelor unor activităţi proprii sistemelor industriale*, a liniilor flexibile computerizate.

Dezvoltarea unor tehnologii noi de prelucrare a materiilor prime şi semifabricatelor (prin tehnica laserului, electroeroziune, catalizatori suprareactivi, radiochimic, microunde, turnare continuă a oţelului în metalurgie etc.) contribuie, de asemenea, la reducerea timpului de prelucrare şi la creşterea productivităţii muncii.

C. Al treilea set de valori pentru duratele de timp caracterizează evoluţia sistemelor industriale în spaţiul economic, din care, în cele ce urmează, se detaşează relaţia procesului industrial cu mediul înconjurător şi anume:

7. Durata de timp acceptată social pentru epuizarea unor resurse naturale.

8. Timpul necesar ecosistemului de a asimila subprodusele şi deşeurile de fabricaţie.

7. Conştientizarea socială asupra caracterului limitat al resurselor naturale impune, ca la proiectarea sistemelor industriale, să se ţină seama de diminuarea în timp a disponibilului resurselor neregenerabile. De exemplu, se apreciază că, la nivelul actual de consum de ţiţei, rezervele cunoscute vor fi suficiente încă 30 ani, gazele naturale 50 ani, uraniul 25 ani, roca fosfatică 50 . . . 70 ani.

Conceptual, au apărut următoarele variante de conturare a duratei de timp acceptate, de epuizare a unor resurse naturale:

— circa 25 ani — timp necesar elaborării unor tehnologii de valorificare a unor resurse alternative de materii prime şi energie;

— după alte surse bibliografice, pentru resursele energetice, timpul necesar găsirii unei alternative poate fi situat între 30 . . . 100 ani;

— mai mare decît viaţa unei generaţii umane, conform cerinţelor ştiinţei ecologice, după care, nici-o resursă naturală nu trebuie epuizată în timpul unei singure generaţii umane.

---

* Prognoza mondială în domeniul vînzărilor de sisteme expert arată următoarea dinamică: 1986 — 200 mil. dolari; 1990 — 5 . . . 10 mrd. dolari; 2000 — 60 mrd. dolari.

Pe măsura epuizării resurselor naturale, concentrația acestora în substanță activă scade, iar cheltuielile de exploatare cresc. De exemplu, în cazul resurselor de rocă fosfatică, determinante pentru a imprima caracter intensiv dezvoltării agriculturii, U.S. Bureau of Mines a calculat că sînt evidențiate 14 mrd t rocă fosfatică exploatabile la un cost de 35 dolari/t și circa 34 mrd t la un cost de exploatare de circa 100 dolari/t.

În acest caz, pentru a nu scumpi produsele agricole, trebuie mobilizat potențialul de $C+D$ pentru perfecționarea tehnologiilor de prelucrare a rocii la îngrășăminte chimice (ca rocă activată chimic și biologic), de aplicare a îngrășămintelor fosfatice pe sol, de reducere a pierderilor pe traseul producător—beneficiar.

Înainte de a fi o restricție în procesul de proiectare a sistemelor industriale, durata acceptată pentru epuizarea unor resurse, declanșează startul elaborării programelor de asigurare a resurselor alternative, a acțiunilor necesare în perioadele de tranziție spre noile tipuri de resurse. Dacă soluțiile problemelor înlocuirii resurselor epuizabile se așteaptă a fi date de cercetarea fundamentală, este evidentă implicarea unor perioade de timp de 10 . . . 25 ani.

Privind spre viitor, se impune reconsiderarea unor tehnologii actuale de valorificare a resurselor naturale, cu scopul minimizării consumului acestora. Nu este vorba numai de exploatarea tehnologiilor actuale mai economicos, la valori de întrebuințare mai mari a produselor rezultate, la randamente mai ridicate, dar și o exploatare a resurselor cu tehnologii mai „morale", care să degradeze în mai mică măsură mediul înconjurător, să economisească resursele. Se au în vedere, ca exemplu negativ, defrișarea excesivă a pădurilor, poluarea apelor freatice (timp natural de purificare de peste 130 ani), apelarea la metode distructive de extracție a țițeiului (combustia subterană a acestuia), practici neeconomice pe traseul furnizor—beneficiar al îngrășămintelor chimice vehiculate în vrac (pierderi de pînă la 25% din masa acestora), neintegrarea energetică a platformelor industriale cu consumatorii potențiali din vecinătatea acestora (agricultura, termoficarea urbană etc.), valorificarea incompletă a subproduselor industriale, depozitarea nesigură pentru contaminarea solului, a deșeurilor industriale etc.

8. În mod ideal, procesele industriale trebuie să fie „curate", să nu degradeze mediul înconjurător, să se adapteze ecosistemului, acesta din urmă, fiind un bun social care trebuie păstrat în integritatea lui. După Barry Commoner, „de integritatea ansamblului complex pe care-l reprezintă procesele biologice ale ecosistemului terestru depind supraviețuirea tuturor speciilor (inclusiv cea umană), calitatea vieții și reușita tuturor activităților omenești (inclusiv activitatea tehnologică, industrială și agricolă)".

Practic însă, mediul înconjurător este puternic încărcat cu subproduse și deșeuri industriale (și nu numai industriale), situația fiind critică, în general, pentru toate procesele industriale cunoscute și îndeosebi în domeniile industriei chimice, metalurgice ca și în domeniul transportului, al unor practici agricole etc.

Criza mediului înconjurător este un semn că ecosfera se află acum sub o presiune atît de mare, încît păstrarea echilibrului ei este amenințată, cu consecințe grave asupra condiției umane.

Ieșirea din zona critică condiționează supraviețuirea chiar a generației umane actuale, reconsiderarea proceselor tehnologice impunîndu-se

astfel ca aceste tehnologii să devină mai puțin poluante sau chiar „curate", normativul ideal fiind ca substanțele poluante emise în ecosistem să fie integral asimilate de acesta, ecosistemul rămînînd în echilibru cu activitățile productive umane.

Conform acestui deziderat, capacitatea de metabolizare de către ecosistem a poluanților industriali (capacitate naturală sau stimulată) se înscrie ca o restricție a proceselor industriale ce vor prefigura economia viitorului. În această economie viitoare, vor trebui să-și găsească locul și tehnologiile de prelucrare — cu scop de valorificare sau neutralizare — a deșeurilor acumulate pînă în prezent în aer, apă și sol, sarcină extrem de grea din punct de vedere tehnic, financiar, organizatoric și politic.

Eforturile ce se fac în reducerea impactului activității industriale cu mediul înconjurător pot fi astfel grupate:

— elaborării unor tehnologii „curate", fără deșeuri de fabricație;
— prelucrării subproduselor de proces în scop productiv;
— neutralizarea deșeurilor;
— prelucrarea „în cascadă" a unei resurse naturale;
— integrarea energetică a platformelor industriale cu zonele economice adiacente acestora;
— integrarea zonală pentru prelucrarea subproduselor de proces;
— adîncirea gradului de prelucrare a materiilor prime;
— reciclarea produselor uzate;
— depozitarea deșeurilor, în condiții de siguranță pentru mediul înconjurător, în vederea unei prelucrări ulterioare (cazul fosfogipsului — deșeu de la fabricarea îngrășămintelor chimice fosfatice este elocvent: depozitat pînă acum în deponii, în prezent începe valorificarea lui pentru obținerea acidului sulfuric și a unor materiale de construcții).

Este posibil deci, ca în proiectarea și reproiectarea proceselor industriale și luarea deciziilor de modernizare sau de realizarea a unor noi instalații industriale, să se tindă către realizarea echilibrului între activitățile efectorii umane și ecosistem, astfel ca restricția timpului de metabolizare a subproduselor și deșeurilor de fabricație să nu se manifeste în dimensionarea timpului economic al proceselor industriale.

În concluzie, la analiza, proiectarea și reproiectarea proceselor industriale pot fi conturate elemente care duc la existența unui optim al timpului economic, optim ce reprezintă rezultanta tuturor activităților temporale privite în interdependența lor, proprie sistemelor efectorii industriale.

Maximizarea sau minimizarea duratelor de timp specifice activităților din sistem depind de nivelul de organizare, de potențialul de $C+D$, financiar și uman, de gradul de conștientizare socială pentru a stabili raportul între resursele consumate și cele prezervate generațiilor viitoare, înțelegerii (și în context internațional) necesității controlului procesului de degradare a mediului înconjurător, de preocupările de creștere a nivelului de viață a generației actuale.

Evident că toate aceste premise sînt elementele intrinseci ale gradului de dezvoltare a societății, rezultatul politicilor și strategiilor de dezvoltare economică [18].

Multitudinea căilor de maximizare sau minimizare a duratelor de timp ale activităților din interiorul sistemelor industriale, ținînd seama și de potențialul propriu de dezvoltare tehnică și economică, dă posibi-

litatea alegerii celor mai potrivite decizii pe termen scurt și lung, pentru modernizarea produselor, tehnologiilor și structurilor de producție, pentru evidențierea elementelor strategice de dezvoltare viitoare a industriei.

BIBLIOGRAFIE

1. MANESCU, MANEA. *Cibernetica economică.* București, Editura Academiei R.S.R., 1979, p. 71—77.
2. * * * *Hydrocarbon Processing,* nr. 5, vol. 60, mai 1981, p. 86—92.
3. * * * *The Promotion of Science and Technology in Britain.* Ed. Central Office of Information refference pamphlet, nr. 233, 1986, p. 289—390.
4. GRINCELI, G. P. *Planirovannia jiznego țikla promișlennoi producții.* Ed. Universității din Leningrad, 1980, p. 59.
5. * * * *Jetro, Mini-Report,* Ed. Jetro — Japonia, nr. 2, sept. 1984 și nr. 10, febr. 1985.
6. * * * *Chemische Technik,* nr. 6, vol. 35, iunie 1983, p. 364—396.
7. * * * *Revista de Plasticos Modernes,* nr. 368, febr. 1987, p. 229—236.
8. * * * *Fertilizer International,* nr. 249, mai 1987, p. 9.
9. BENSANSOON, M., HINTZY, S. *La qualité active: une nouvelle arme pour le marketing.* În: Management — Franța, oct.-nov. 1986.
10. MANEA, GH. *Producția în condițiile cosmosului — la ora debutului industrial.* În: Revista Economică nr. 35/29, august 1986, p. 28—29.
11. * * * *Hydrocarbon Processing,* nr. 12, vol. 62, dec. 1982, p. 36.
12. VERGHESE, M. C. *Planning for new fertilizer production facilities.* 1976, Mission Report UNIDO/IOD 47.
13. * * * ONU, UNIDO, *Fertilizer Manual,* New York, 1980.
14. * * * *Hydrocarbon Processing,* vol. 62, nr. 12, dec. 1983, p. 35.
15. * * * *Nouvelles de France,* iulie, 1980, nr. 82, p. 6.
16. MANEA, GH. *Criteriul selectivității în procesul modernizării producției.* În: Revista Economică, nr. 49/4, dec. 1987, p. 13—14.
17. MANEA, GH., SILVIA MARINESCU-PAȘOI. *Polifuncționalitatea — o nouă calitate a ambalajelor polimerice.* Comunicare la Seminarul ASE, București, 9—10 mai 1986.
18. CONSTANTINESCU N. N. *Economia protecției mediului natural.* București, Ed. Politică, 1976, p. 39—82.

2

Tehnologia și cultura. Necesitatea unor reevaluări

Dr. ing. *Brad Segal*
Universitatea Galați

În plină epocă euforică a succeselor, cînd Stent [1] promitea că progresele tehnico-științifice vor produce o bunăstare și fericire „asemănătoare celei din epoca de aur descrisă de Hesiod", tehnologia s-a găsit, dintr-o dată, sub focul concentrat al unor critici aspre, care o fac responsabilă de profundele crize ale vremurilor noastre: epuizarea rapidă a rezervelor de materii prime, dezechilibrul ecologic prin introducerea în ciclurile biologice a unor produse artificiale ce nu pot fi metabolizate și utilizate, alienarea omului într-o societate care se îndreaptă spre o totală constrîngere tehnologică. Imaginea faustiană a ucenicului vrăjitor care a deschis porțile stihiilor fără să le mai poată stăpîni este reluată de un număr mare de filozofi și oameni de cultură. Marea capacitate a tehnologiei de a crea, dar și de a distruge, de a provoca genocidul, de a vindeca, dar și de a polua mediul cu noxele ei, determină întrebarea justificată dacă nu există pericolul evoluției societății, sub presiunea tehnologiei, în direcția înstrăinării de scopurile umane prin transformarea omului din scop în mijloc și a tehnicii din mijloc în scop [2 ... 7]. Curentul cunoscut sub denumirea de „critică culturală" atacă incisiv tehnologia pentru faptul că obiectualizează și depersonalizează omul, îl înstrăinează de propria sa esență, transformîndu-l într-un lucru pentru lucruri, într-o anexă a mașinii. Deținînd o putere magică asupra omului, mașina ar imprima specificul ei asupra spiritului uman, l-ar împiedica să se realizeze, împingîndu-l în schimb spre o orientare pragmatică și preocupări egoiste.

În concepția lui Marcuse [8], societatea industrializată capitalistă „unidimensionalizează" individul pînă la anularea libertății sale și determină reducerea sa la funcția de robot în angrenajul hiperorganizat al producției și vieții sociale. Proces caracteristic dezvoltării tehnologiei în capitalism, se caută să se generalizeze efectul negativ al științei și tehnicii ca un fenomen ostil omului, forță ce devine din ce în ce mai puțin docilă, chiar amenințătoare și cu o existență oarecum independentă. În cunoscuta lucrare „Scrisoare deschisă celor patru miliarde de oameni", filozoful francez J. Furastié trage semnalul de alarmă împotriva deformărilor la care a fost supus omul și cultura sa, ca urmare a progresului tehnico-științific și a industrializării și pledează pentru „bidimensionalitate" ca opusă omului „unidimensional" al lui Marcuse.

Jasper vede în chinurile lui Ulise în infern care, în viziunea lui Dante, este pedepsit pentru dorința sa de cunoaștere, distrugerea cauzată de îndrăzneala celui care poate și vrea să cunoască realitatea zilelor

de azi, cînd știința și tehnica au ajuns la un punct la care nu este exclus ca umanitatea să se autodistrugă. El interpretează mitul lui Prometeu, cel care a dat focul și „technéul cel cu mii de fețe, prin intermediul căruia oamenii și-au construit case, corăbii, au prelucrat fierul, argintul, aurul...", în sensul că trebuie plătit tribut pentru cunoaștere [9].

Mulți filozofi și sociologi contemporani, pornind de la efectele negative ale societăților capitaliste dezvoltate industrial, de la avalanșa de bunuri, de multe ori inutile, care se aruncă pe piață, de absorbția enormă de energie umană pe care o necesită astfel de superproducție, afirmă că s-a creat o viață artificială, care condamnă omul la pieire, proiectîndu-l într-o lume creată de el, dar care nu mai este a lui și în care se simte tot mai străin. Berdișev subliniază că civilizația tehnologică contemporană, caracterizată prin mașinism și tehnicism, determină mortificarea voinței de cultură, o alienare a forțelor spirituale, chiar epuizarea spiritului creator.

Dar aceste procese sînt specifice producției materiale din orînduirea capitalistă în care profitul cu orice preț este scopul de bază al folosirii progresului tehnologic. Capacități tehnologice imense sînt utilizate pentru a produce bunuri de lux, de importanță secundară, în condițiile unei căutate demodări rapide, sau pentru realizarea de obiective militare și paramilitare.

Dar tehnlogia nu poate fi privită numai din acest punct de vedere. Prin invențiile lui, omul s-a găsit pe sine însuși, a descoperit în sine ce poate deveni, și-a descoperit inteligența, imaginația, adaptarea. Munca, cercetarea, invenția, sînt tot atîtea răspunsuri umane la provocarea necesității, iar afirmarea omului ca ființă, prin excelență creatoare, se realizează prin tehnologie. Marea aventură a tehnologiei, începută odată cu învățarea „techneului" de la Prometeu, continuă și nu se poate opri, pentru că dorința de cunoaștere și autodepășire sînt componente ale firii umane.

Pentru că îndemnul lui Ulise rămîne continuu valabil:

„Voi fii sînteți ai nobilei seminţe
Şi nu născuţi spre trai de dobitoc
Ci-onoare să cătaţi și *cunoștințe.*" [10]

„Demonul" cunoașterii a permis treptat eliberarea omului de sub amenințarea și adversitatea continuă a mediului exterior, de nesiguranța zilei de mîine: foametea, mortalitatea, ignoranța etc.

Tehnologia a fost aceea care a permis o inimaginabilă comunicare între oameni, răspîndirea rapidă a culturii în mase și tot ea, prin marea ei productivitate, a creat timpul necesar de a gîndi asupra efectelor ei negative.

Criticile aduse tehnologiei, în special de „curentul cultural", nu se pot justifica decît dacă gîndim tehnologia ca lucru în sine, separată de cultură, cum se încearcă să se arate, ca factor de degradare a culturii. Dar oare se poate separa cultura materială de cea spirituală? Pot fi gîndite marile civilizații ale antichității fără impresionantele urme tehnologice pe care le-au lăsat în urma lor?

Conceptînd cultura ca ansamblul valorilor create de om în procesul de emancipare față de natură, în dorința de căutare și găsire pe sine, cultura înglobează tehnologia ca o activitate umană conștientă în care se desfășoară forța creatoare a omului. Dar această activitate de integrare este departe de a se fi produs, înregistrîndu-se marile contradicții care frămîntă astăzi cercurile largi de specialiști și nespecialiști.

Socialismul dispune de toate premizele pentru eliminarea opoziției dintre tehnologie și cultură, în condițiile lui cultura devenind un factor de integrare și transformare, atît a valorilor materiale, cît și a celor spirituale, prin eliminarea antagonismului dintre cultura umanistă și cea științifico-tehnică. În acest context, socialismul poate fi alternativa superioară a civilizației contemporane, pentru că, instaurînd raporturi bazate pe dreptate socială între oameni, permite și urmărește nu numai ridicarea nivelului de viață al maselor, dar mai ales pentru că, transferînd accentul existenței omului de la *„a avea“* la *„a fi“*, socialismul își propune realizarea unei calități superioare a vieții. În aceste condiții, activitatea omului *devine* multilaterală, libertatea omului cunoaște noi valențe, va crește în dimensiune, asigurîndu-se o viață spirituală a membrilor societății și satisfacerea aspirațiilor omenirii către cunoaștere și împlinire. În orizontul larg al cunoașterii se dezvoltă multilateral potențialele și aptitudinile creatoare în cadrul procesului de transformare a realității, de valorificare a ei, potrivit nevoilor raționale ale omului.

După cum arată Engels, „omul și societatea își potrivesc ceasornicul după orologiul naturii și nu invers. Faptele amintesc la fiecare pas că nu stăpînim nicidecum natura, așa cum stăpînește un cuceritor un popor străin, că nu o stăpînim ca altcineva situat în afara naturii, ci că dimpotrivă, îi aparținem prin carnea, prin sîngele și creierul nostru, că ne aflăm în mijlocul ei și că toată stăpînirea noastră asupra naturii constă în posibilitatea ce o avem, spre deosebire de toate celelalte ființe, de a-i cunoaște legile și de a le aplica în mod adecvat“ [11].

După cum demonstrează Barry Commoner [12], folosind o copleșitoare documentație, sistemul de producție privat, orientat spre obținerea profitului maximal, este responsabil de actualul dezechilibru al naturii și al mediului ambiant. Criteriul social, omul ca subiect și obiect al evoluției istorice și al idealurilor de viitor, constituie singurul fundament valabil al oricăror acțiuni umane și, prin această prismă, se impun și relațiile dintre tehnologie și natură. Commoner subliniază necesitatea de a conduce producția după criteriul economiei sociale, care de regulă, intră în conflict cu criteriul profitului privat. „„De fapt, știm acum că tehnica modernă, aflată în *proprietate privată,* nu poate dăinui mult timp dacă distruge *bunul social,* de care depinde ecosfera. Așadar, un sistem economic întemeiat în esență pe tranzacții private și nu sociale, nu mai este adecvat și devine tot mai ineficient în utilizarea acestui bun social vital. Trebuie deci să schimbăm sistemul“.

Spre deosebire de societatea bazată pe proprietate privată, societatea socialistă eliberează tehnologia de folosirea ei unilaterală, îi conferă o funcție ce derivă din esența ei internă și anume de a fi mijlocul cel mai eficace de eliberare și dezvoltare a condițiilor umane.

Socialismul lichidează bazele dominării relațiilor umane de înstrăinare, însă urmările indirecte ale acestei dominații, manifestate în modul de dezvoltare a tehnicii în capitalism, nu pot fi înlăturate decît treptat. Există, de asemenea, consecințele neprevăzute ale activității conștiente și raționale a oamenilor, decurgînd din faptul că nu se cunosc în suficientă măsură toate efectele activității productive. Dar cu cît știința și tehnica se dezvoltă mai mult, cu atît crește și capacitatea omului de a prevedea rezultatele mai îndepărtate ale activității sale productive.

Înțelegerea acestor mutații în gîndire nu este posibilă fără înțelegerea rolului integrator al culturii și necesitatea de reformulare a axiologiei culturii.

Cultura — componentă permanentă și definitorie a umanului — nu este un adaos facultativ la condițiile de existență ci modalitatea specifică prin care omul structurează și semnifică viața reală. Dacă satisfacerea nevoilor constituie condiția primordială a menținerii societății, felul satisfacerii este decis întotdeauna de către cultură. Ea reprezintă mijlocul prin care, și în interiorul căruia, oamenii își satisfac nevoile fundamentale, relația dintre om și nevoie sale fiind mediată de cultură.

După cum se știe, trebuința se manifestă ca o lipsă resimțită a organismului uman la nivel fiziologic și psihologic, avînd variate grade de intensitate. De altfel, chiar societatea s-a constituit și s-a dezvoltat ca un sistem specific și organizat de activități, în primul rînd cu caracter productiv, menite să asigure satisfacerea cerințelor omenești aflate într-o continuă evoluție. Trebuințele se conștientizează, devin dorințe, imbolduri, stimuli, interese, deci factori motori ai activității, ai relațiilor social umane, ai cooperării sau antagonismelor sociale, de clasă, naționale sau internaționale. Ele au un caracter social, istoric și cultural determinat atît de modul de formare, cît și de modul de satisfacere.

După cum arată Marx în analiza societății întemeiată pe proprietatea privată: „chiar și pe plan subiectiv, lucrurile se prezintă, în parte, în așa fel încît, lărgind gama de produse și de trebuințe, omul devine sclavul inventiv și întotdeauna calculat al unor pofte neumane, rafinate, nenaturale și închipuite“ [13].

Acest impuls, exploatat la maximum de pragmatismul tehnologic, orientat unilateral spre profit, a determinat, în ultimă instanță, colapsul societății de consum prinsă în propriul cerc care se închide.

Socialismul, stabilind ca preocupare principală *omul și nevoile sale reale*, eliberează tehnologia de folosirea ei unilaterală, îi conferă o funcție ce derivă din esența ei internă, și anume de a fi mijlocul de a satisface multilateral trebuințele raționale ale societății și de eliberare a omului. În societatea socialistă contopirea dintre tehnologie și cultură permite dezvoltarea umanismului socialist, care proclamă ideea dezvoltării multilaterale a tuturor membrilor societății și asigură realizarea fericirii personale în contextul fericirii întregului popor.

La această confluență între tehnologie și cultură, în condițiile concrete ale socialismului, se impune formarea unei axiologii care să orienteze tehnologia în direcțiile idealurilor socialiste. Pentru că lumea valorilor, în marea ei diversitate, reprezintă rezultatul practicii sociale și corespunde necesităților, aspirațiilor și trebuințelor unei societăți. Iar socialismul nu poate accepta valori false, inventate, artificiale, sterile, imaginare, consumatoare și risipitoare de materiale, energie și forță umană, chiar dacă sînt prezentate în vitrina strălucitoare a falsului confort.

Poate este exagerată părerea exprimată de Georgescu Roegen [14] în Legea entropiei și procesul economic: „dacă înțelegem bine problema, cea mai indicată utilizare a resurselor de fier constă în producerea plugurilor și grapelor, care sînt necesare, nu în fabricarea Rolls Roycеurilor și nici măcar a tractoarelor agricole“, dar un sîmbure de adevăr există, pentru că societatea este confruntată în prezent cu imperativul opțiunilor, al optimizării efortului tehnologic și economic.

Învățămîntul, ca parte integrantă a culturii, poate participa activ la acest efort de adaptare prin formarea viitorilor ingineri tehnologi ca specialiști complecși, capabili de a gîndi procesele tehnologice prin prisma eficienței sociale optime și nu a efectului imediat. Aceasta implică o mare

flexibilitate în gîndire, concomitent cu o profundă cunoaştere a realităţilor. Epoca tehnologiilor intensive şi liniare a apus, făcînd loc unei noi concepţii, a tehnologiilor integrale, ciclice, orientate în direcţia valorificării complexe a materiilor prime, a energiei şi a potenţialului uman.

Pe viitorul inginer activitatea practică îl aşteaptă cu probleme care nu pot fi rezolvate după şabloanele tehnologiei clasice învăţate, din care cauză capătă o importanţă din ce în ce mai mare instrumentul metodologic al tehnologiei, care trebuie să-l formeze pe specialist ca pe un potenţial catalizator al transformărilor în direcţia asigurării efectului social optim.

BIBLIOGRAFIE

1. GUNTER, STENT. The Coming of the Golden Age, New York, Doubleday, 1969.
2. PERROUX, F. Aliénation et société industrielle. Paris, 1962.
3. ARON, R. Les desillusions du progres. Essai sur la dialectique de la modernité. Paris, 1969.
4. WEINBERG, A. W. Probleme der Grossforschung Suhrkamp. Frankfurt am Main, 1970.
5. TOYNBEE, A. Surviving the future. London, Oxford University Press, 1971.
6. DE GEORGE, R. T. Technology and reason. În: Lucrările celui de-al XV-lea Congres Mondial de filozofie, Varna, 1973.
7. PASSAMORE, J. Man and Technology. În: Lucrările celui de-al XV-lea Congres Mondial de Filozofie, Varna, 1973.
8. MARCUSE, H. Omul unidimensional, în scrieri filozofice. Bucureşti, Editura Politică, 1977.
9. JASPER, K. Omul în: Problematica omului. Academia Ştefan Gheorghiu, 9, 1977, p. 162.
10. DANTE, A. Infernul cîntul XXVI. Bucureşti, E.S.P.L.A., 1954, p. 118.
11. MARX, K., ENGELS, F. Opere alese (în două volume). Vol. 2, p. 76.
12. COMMONER, B. Cercul care se închide. Bucureşti, Ed. Politică, 1980.
13. MARX, K., ENGELS, F. Scrieri din tinereţe, p. 587.
14. GEORGESCU-ROEGEN. Legea entropiei şi procesul economic. Bucureşti, Editura Politică, 1979, p. 77.

3

Din realizările institutelor de cercetare științifică și inginerie tehnologică

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică
pentru Industria Construcțiilor de Mașini ICTCM

1. Linie semiautomată pentru montajul rulmenților radiali cu bile

Liniile semiautomate sînt destinate pentru montajul rulmenților radiali cu bile avînd diametrul interior între 5 și 50 mm.

Utilajele componente ale liniei asigură montajul; controlul și conservarea rulmenților radiali cu bile, respectînd următoarele faze: împerecherea inelelor exterioare cu cele interioare și a bilelor pe baza montajului selectiv; montajul coliviilor, demagnetizarea, spălarea, uscarea în freon, marcarea electrochimică, gresarea, capsularea, uniformizarea vaselinei, controlul fonic, inclusiv vibratoriu, controlul jocului radial, controlul cotelor după normele internaționale.

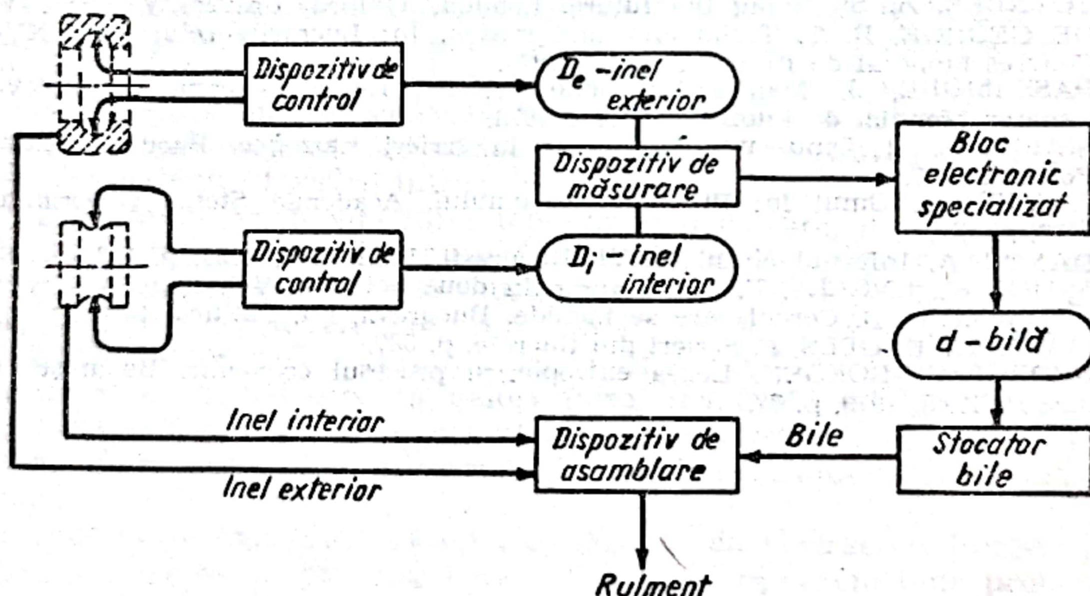


Fig. 3.1. Schema de principiu a montajului selectiv.

În fig. 3.1 și 3.2 sînt reprezentate, schematic, atît principiul montajului selectiv, cît și tehnologia de montaj a rulmenților radiali. S-a adoptat o clasificare a bilelor în 21 clase de 1 μm, ceea ce acoperă întregul cîmp de toleranță a jocului radial.

Montajul coliviilor se realizează pe o mașină automată, cu masă rotativă, iar pe altă masă rotativă se marchează rulmenții pe o mașină

specială electrochimică. Prin trecerea rulmenţilor prin demagnetizor se scade magnetismul remanent sub 2 Gauss, iar ulterior spălarea se face într-o maşină rotativă cu jeturi (fig. 3.3).

S-au realizat, în funcţie de alezajul rulmenţilor, trei grupe de linii semiautomate pentru montajul rulmenţilor radiali cu bile:

— grupa I — pentru rulmenţi cu alezajul de 5...12 mm, pentru 8 tipuri de rulmenţi;

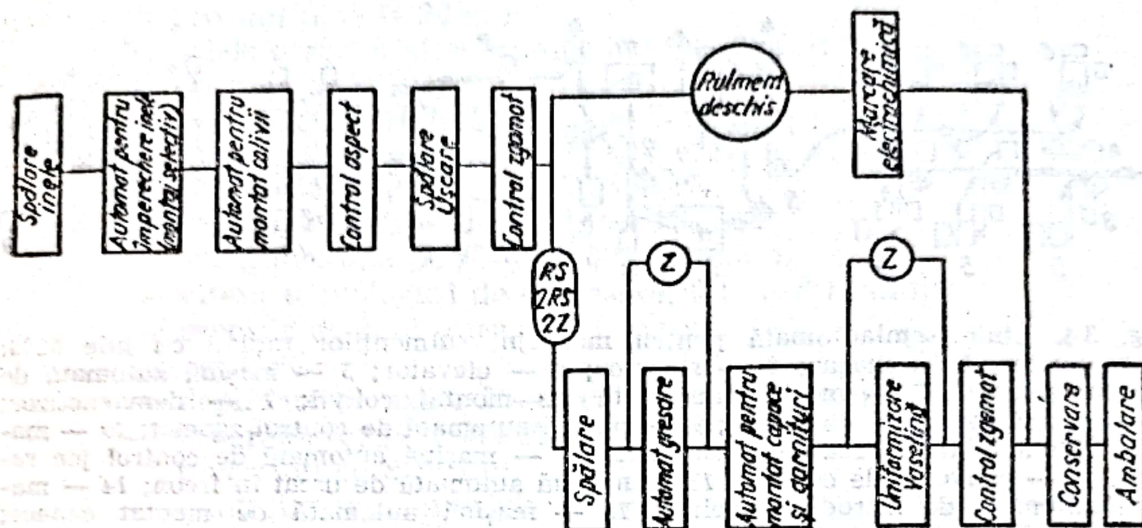


Fig. 3.2. Tehnologia de montaj a rulmenţilor radiali.

— grupa II — pentru rulmenţi cu alezajul de 12...30 mm, pentru 5 variante constructive;

— grupa III — pentru rulmenţi cu alezajul de 30...50 mm.

În scopul asigurării unui grad de flexibilitate corespunzător, se prevăd între maşini stocuri tampon la liniile din grupa I şi de cca 200 de

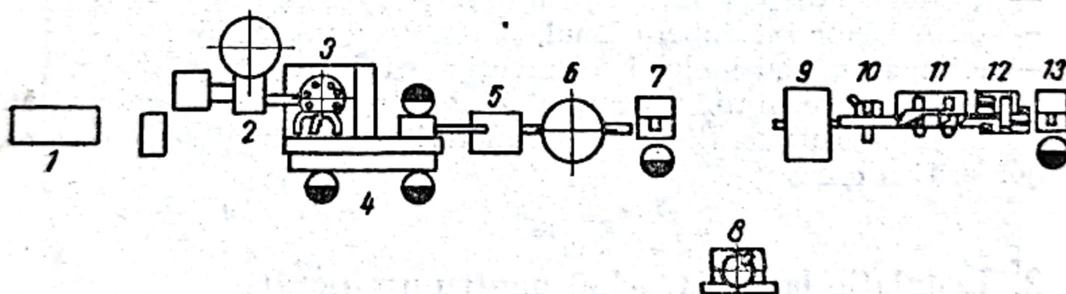


Fig. 3.3. Linie pentru montajul semiautomat al rulmenţilor radiali cu bile $d \leq 10$ mm:

1 — maşină de uscat inele în freon; *2* — maşină automată de montaj selectiv; *3* — maşină semiautomată de montaj colivii; *4* — conveier de control; *5* — demagnetizor; *6* — maşină rotativă de spălat; *7* — maşină de control zgomot; *8* — maşină de marcat electrochimic; *9* — maşină automată de uscat în vapori de freon; *10* — maşină automată de introdus vaselină; *11* — maşină automată de introdus capace şi garnituri; *12* — maşină automată de uniformizat vaselină.

rulmenţi pentru cele din grupa a II-a, destinată a monta 4...4,5 milioane rulmenţi pe an, pentru două tipuri şi 5 variante constructive.

Majoritatea operaţiilor se execută automat, operatorii intervenind doar la operaţiile de control şi la alimentarea magaziilor cu colivii, bile şi capace. Transportul interoperaţional se face automat cu un sistem de elevator stocator în formă elicoidală, macaze şi sumatoare.

În vederea creșterii fiabilității și a flexibilității sistemului de comandă și urmărire, noile generații de linii de montaj ale rulmenților (fig. 3.4) au fost prevăzute cu automate programabile. În acest fel se face destul de ușor, de-alungul liniei, trecerea de la montajul unei anumite variante de rulment la alta. Sistemul de interblocare și comutare a macazelor va fi preluat de calculator, de asemenea și semnalizarea mașinilor

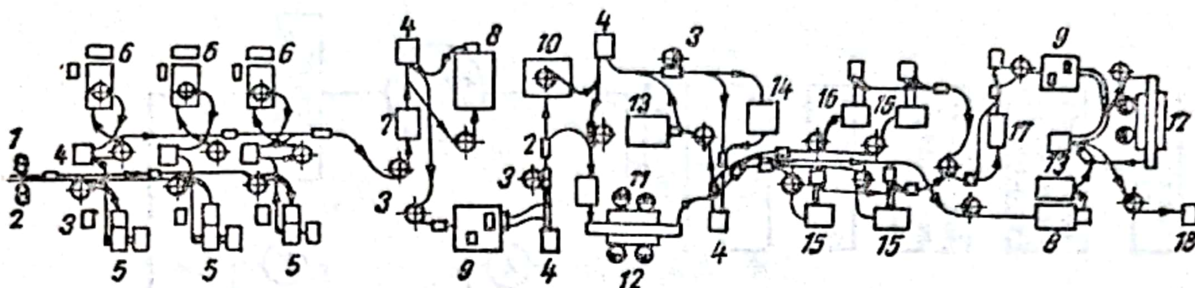


Fig. 3.4. Linie semiautomată pentru montajul rulmenților radiali cu bile 6208: *1* — opritor; *2* — macaz; *3* — stocator; *4* — elevator; *5* — mașină automată de montaj selectiv; *6* — mașină automată de montaj colivii; *7* — demagnetizor; *8* — mașină automată de spălat; *9* — mașină automată de control zgomot; *10* — mașină automată de marcat electrochimic; *11* — mașină automată de control joc radial; *12* — conveior de control; *13* — mașină automată de uscat în freon; *14* — mașină automată de introdus vaselină; *15* — mașină automată de montat capace; *16* — mașină automată de montat garnituri; *17* — mașină automată de uniformizat vaselină; *18* — mașină automată de conservat.

oprite sau defecte, lipsa de piese etc. Totodată mașinile de montaj selectiv, din punct de vedere electric, sînt comandate de microprocesoare pentru a asigura comenzi cît mai flexibile acestor linii de montaj.

Unele date caracteristice ale liniei semiautomate de montaj:

— tactul liniei 5 s
— gradul de disponibilitate a liniei 0,9
— transportor interoperațional, automat
— alimentator cu inele și rulmenți, automat

Prin utilizarea liniilor semiautomate de montaj se îmbunătățește sensibil calitatea rulmenților, iar productivitatea muncii se apreciază, că se majorează cu cca 30%.

2. Instalație laser CO_2-400 pentru prelucrări de tăiere conturată și debitări

Instalația laser CO_2—400 este un utilaj complex destinat operațiilor de tăiere conturată și debitărilor de precizie (fig. 3.5).

În principal se compune din următoarele echipamente: laser cu CO_2 alcătuit din: sursă de alimentare, cap laser, grup vidare-alimentare cu gaze; sistem de deplasare semifabricat în coordonate xy; cap de tăiere cu deplasare pe axa zz'; instalația electrică convențională și echipament CNC pentru deplasare pe contur.

Instalația are multe domenii de aplicabilitate, dintre care se pot enumera:

— *În industria construcțiilor de mașini și electrotehnică*, pentru: tăierea conturată și debitare de table de grosimi pînă la 6 mm din oțeluri

de uz general (panouri diverse, piese plane complexe în fabricația de autovehicule, material rulant etc.), din oțeluri aliate (scule, repere plane complexe din aeronautică) și din oțeluri inoxidabile; tăierea dreaptă și profilată a țevilor din oțel; tăierea conturată și debitarea simplă a materialelor plastice, cauciuc, electroizolante.

— *În industria ușoară:* pentru confecții, mobilier, tăierea conturată a materialelor textile, piele, materiale plastice, furnire, lemn, melaminate ș.a. de grosimi pînă la 20 mm.

Principalele caracteristici tehnice ale instalației:

— Echipament LASER:
  — putere (reglabilă), 100 ... 400 W;
  — mediu activ — amestec, CO_2, He, N_2;
  — gaze auxiliare de lucru, O_2 sau N_2.
— Sistem de deplasare piese în coordonate:
  — cursa maximă pe X—Y, 800 ... 1 000 mm;
  — viteza tehnologică de deplasare, 0,1 ... 8 m/min;
  — precizia de conturare, ±0,1 mm/m.
— Sistem CNC:
  — deplasare pe axele X—Y cu viteză programabilă;
  — programare; pe consolă, în cote relative; pe bandă perforată; reversibil cu 8 piste;
  — multiplicare-demultiplicare, retur pe contur, lucru în oglindă;

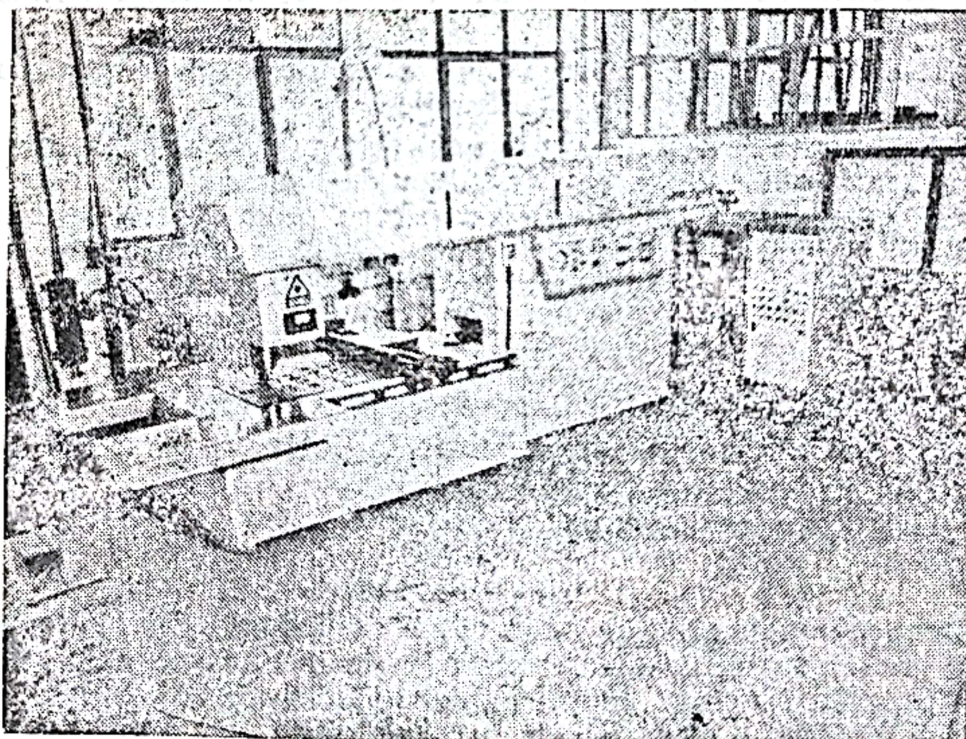


Fig. 3.5. Instalația laser CO_2-400 pentru prelucrări de tăiere conturată și debitare de precizie.

  — afișare pe display alfanumeric: cote prescrise, cote parcurse, regimuri și situații de lucru.
— Instalația electrică de comandă și control:
  — putere instalată (totală): 15 kVA; 380 V; 50 Hz.

În fig. 3.5 se prezintă variația vitezei optime de tăiere în funcție de puterea laserului pentru oțeluri.

Acest procedeu se caracterizează prin:

— productivitate mărită față de procedeul de tăiere oxiacetilenică sau de cel de tăiere mecanică, de 10...20 ori, în special datorată vitezelor mari de tăiere;

— pierderi minime de material datorate interstițiului mic de tăiere (0,2...0,5 mm) și croire economică asistată de calculator;

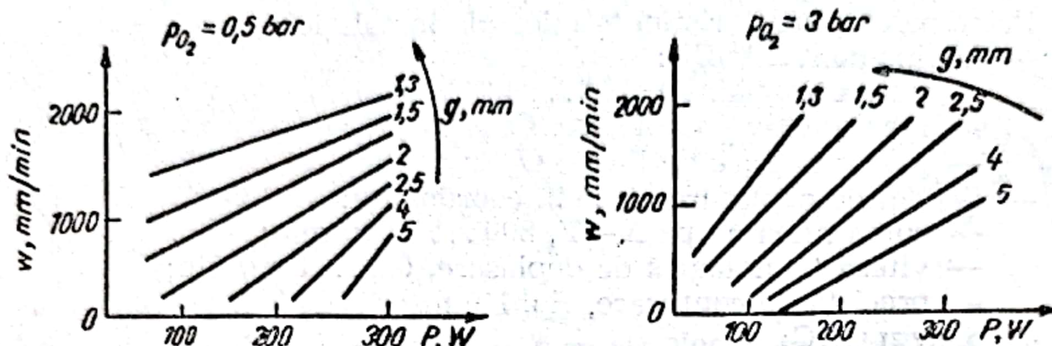


Fig. 3.6. Variația vitezei de tăiere optime în funcție de puterea laserului (pentru oțeluri de uz general).

— precizie de tăiere conturată și zonă de influență termică redusă;

— elasticitate mare de prelucrare a profilelor plane și a materialelor (gamă largă de materiale prelucrabile).

Ținînd seama de aceste avantaje și de elementele specifice ale instalației, se urmărește extinderea domeniilor de aplicare pentru: realizarea de repere plane complexe, în special pentru producție de serii mici și mijlocii, și prelucrarea materialelor cu calități speciale (aliaje dure și extradure, materiale compozite, amorfe, stratificate etc.).

3. Mașină de prelucrat prin electroeroziune cu electrod masiv, de mărime mijlocie, pentru prelucrări tridimensionale — ELER-301—CNC

Funcționarea mașinii se bazează pe principiul general al îndepărtării de material prin descărcări electrice în mediu dielectric și se desfășoară în ciclu automat. Mașina este utilizată pentru operații de degroșare și finisare a materialelor în stare călită sau dure, prin natura lor bune conducătoare de electricitate, ca de exemplu: prelucrarea găurilor cilindrice, conice, simple și profilate, a diverselor forme cave, într-un sistem de axe triortogonal (x, y, z). Prin utilizarea unor programe speciale aflate în memoria CNC-ului se pot obține suprafețe tronconice, sferice sau suprafețe rezultate prin mișcarea orbitală.

Mașina de prelucrat prin electroeroziune ELER-301-CNC se compune din: mașina propriu-zisă, sistemul de alimentare automată cu electrozi, instalația electrică de acționare, generatorul de impulsuri și comanda numerică prin calculator (CNC) — (fig. 3.7 și 3.8).

Caracteristicile principale ale mașinii sînt:

— servomecanisme de avans electromecanice dispuse direct pe fiecare din cele trei axe;

— regimuri de lucru automate, asistate de comanda numerică;

— viteza mare de deplasare rapidă pe toate cele trei axe (400 mm/min);

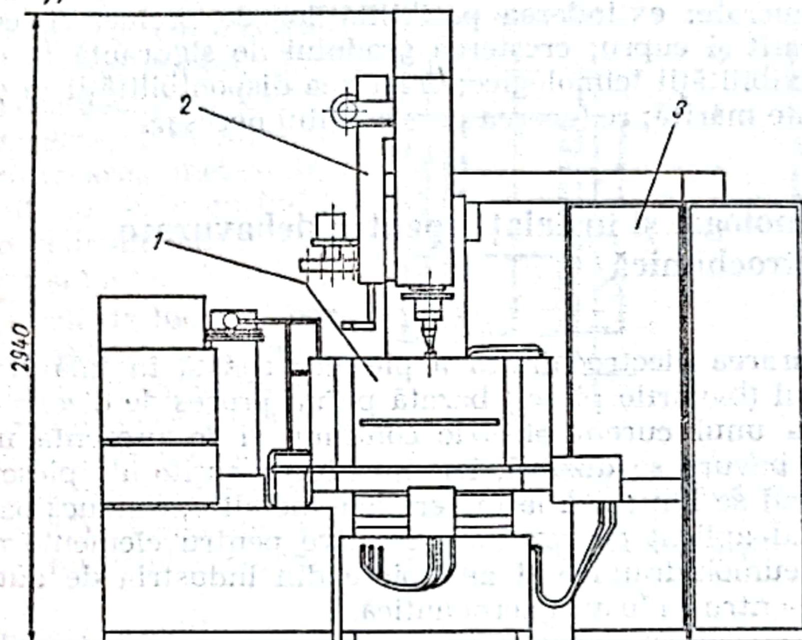


Fig. 3.7. Schema de amplasare: *1* — mașina propriu-zisă; *2* — sistemul de alimentare automată cu electrozi; *3* — generatorul de impulsuri.

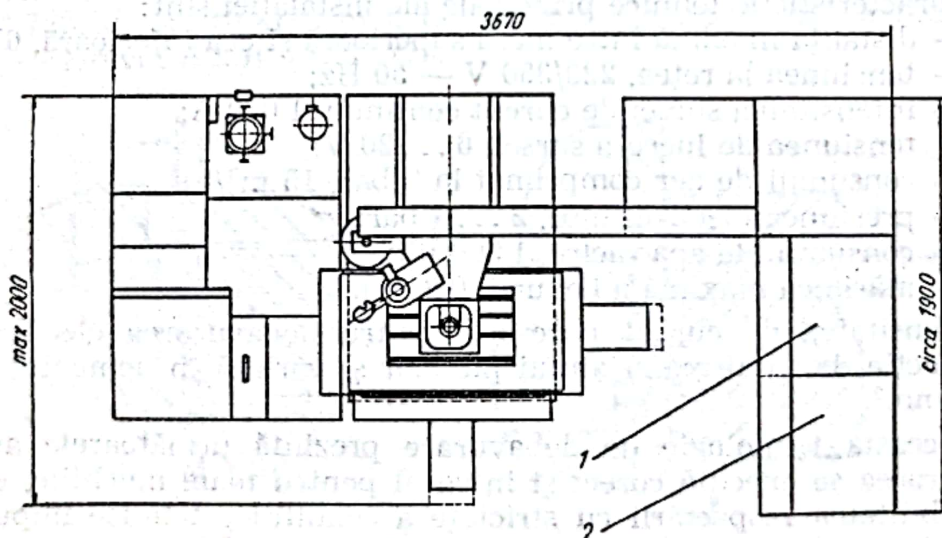


Fig. 3.8. Schema de amplasare: *1* — instalație electrică de acționare; *2* — comanda numerică prin calculator.

— posibilitatea de lucru pe una, două sau trei axe simultan sau succesiv, conturări, prelucrări tronconice, sferice, orbitale;

— cei 8 electrozi înmagazinați permit efectuarea de operații de prelucrare electroerozivă într-o succesiune predeterminată (prin programare pe CNC);

— schimbarea automată a electrozilor sculă;

— filtrarea lichidului dielectric în trei etape (grosieră, medie și fină — max 5 μm);
— dotarea cu generator de impulsuri evoluat, cu curentul de lucru maxim 50 A.

Această mașină prezintă următoarele avantaje: creșterea performanțelor tehnologice, scăderea uzurii, creșterea productivității și calității suprafeței prelucrate; extinderea posibilităților de prelucrare cu electrozi sculă din grafit și cupru; creșterea gradului de siguranță în exploatare; creșterea flexibilității tehnologice; creșterea disponibilității în exploatare; ergonomicitate mărită; reducerea personalului necesar.

4. Tehnologie și instalație pentru debavurare electrochimică

Debavurarea electrochimică a pieselor constă în înlăturarea locală a materialului (bavurile piesei) bazată pe un proces de dizolvare anodică. Sub acțiunea unui curent electric continuu și în prezența unei soluții electrolitice, bavura se dizolvă, iar muchiile ascuțite ale piesei se rotunjesc. Procedeul se limitează la materialele metalice, conducătoare de electricitate, fiind aplicat cu rezultate pozitive pentru elemente ale echipamentelor pneumohidraulice și alte piese din industria de automobile și tractoare și pentru industria aeronautică.

Instalația pentru debavurare electrochimică se compune din următoarele echipamente: mașina propriu-zisă; agregatul pentru electrolit; sursa de curent continuu; agregatul de spălare-neutralizare; centrifugă; dispozitivele de lucru, pupitrul de comandă.

Caracteristicile tehnice principale ale instalației sînt:
— distanța maximă între masa superioară și cea inferioară, 670 mm;
— tensiunea la rețea, 220/380 V — 50 Hz;
— intensitatea sursei de curent continuu, 1 000 A;
— tensiunea de lucru a sursei, 6 . . . 20 V;
— consumul de aer comprimat la 5 bar, 15 m^3/h;
— presiunea electrolitului, 2 . . . 4 bar;
— consumul de apă răcire, 1 500 l/h;
— mărimea maximă a bavurii, 0,8 mm.

Densitatea de curent necesară pentru debavurarea electrochimică este funcție de tipul materialului pieselor și variază în domeniul 0,12 . . . 0,25 A/mm^2.

Această tehnologie de debavurare prezintă următoarele avantaje: debavurarea se execută corect și integral pentru toate muchiile, constînd în posibilitatea respectării cu strictețe a condițiilor tehnice impuse; îmbunătățirea calității produselor și a fiabilității în funcționare; reducerea costurilor de producție cu peste 50% pe seama creșterii productivității.

Se apreciază că există următoarele domenii de aplicare potențiale: piese cu bavuri interioare, unde procedeele clasice sînt dificile sau imposibil de aplicat; piese tratate termic; piese cu rigiditate scăzută; piese la care nu se admite degradarea suprafețelor adiacente.

În principal, există trei tipuri de debavurare: debavurare de intersecții de găuri interioare; debavurare de intersecții de găuri interioare cu suprafețe exterioare; debavurare de intersecții de suprafețe.

Pentru fiecare tip de debavurare sînt specifice diferite configurații de electrozi.

În fig. 3.9 se prezintă elementele de electrozi specifici pentru debavurarea interioară, iar în fig. 3.10 pentru debavurarea exterioară. Izolațiile electrozilor în toate cazurile pot fi din napoacryl, poliamidă sau depuneri de masă plastică.

Alimentarea cu electrolit trebuie astfel asigurată, încît zonele supuse debavurării să fie uniform spălate, fără strangulări, pentru crearea unei contrapresiuni interioare, asigurînd în acest fel o peliculă continuă între electrod și piesă.

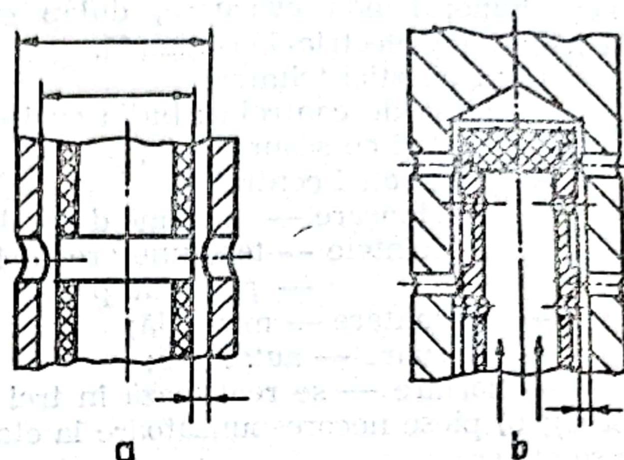


Fig. 3.9. Elemente de electrozi specifice debavurării electrochimice interioare.

Electrozii de lucru și bornele de alimentare cu curent se execută dintr-un material bun conducător de electricitate și totodată rezistent la acțiunea electrolitului (de exemplu aliajul Cu Zn 37). Celelalte elemente care nu conduc curentul electric se pot executa din poliamidă sau PCV.

Diverse dispozitive de debavurare electrochimică fac obiectul unor brevete de invenție a R.S.R. Astfel: dispozitivul pentru debavurarea electrochimică a pistoanelor pentru motoare cu ardere internă — Brevet R.S.R. nr. 85.721; dispozitivul pentru debavurare electrochimică a difuzoarelor antecamerelor motoarelor cu ardere internă — Brevet R.S.R. nr. 85.722; dispozitivul pentru debavurare electrochimică a inelelor sincrone — Brevet R.S.R. nr. 88.773.

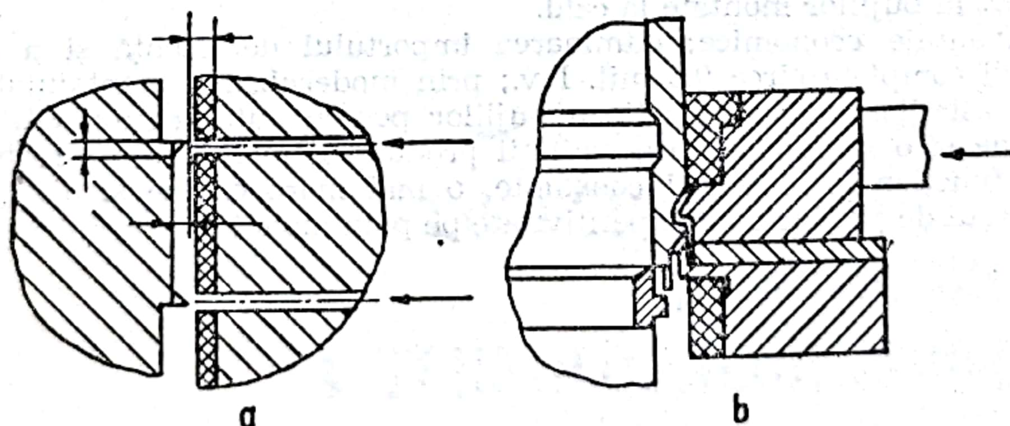


Fig. 3.10. Elemente de electrozi specifice debavurării electrochimice exterioare.

5. Mașină de controlat și sortat bujii

Executant: concepție, proiect și execuție I.C.T.C.M.
Stadiul lucrării: mașina a intrat în exploatare la I. SINTEROM Cluj-Napoca.

Caracteristici. Mașina de controlat și sortat bujii execută verificarea finală a bujiilor din punctul de vedere al etanșietății și scînteierii.

Mașina se compune din: post alimentare; post control etanșeitate; post sortare bujii necorespunzătoare la etanșare; post control scînteiere; post sortare bujii necorespunzătoare la scînteiere; post evacuare finală piese bune; bandă evacuare; dulap cu eclatoare (alimentare tensiune 17 kV); dulap electric de comandă.

Caracteristici tehnice:

— piesa de controlat: bujia cu izolator ceramic cu filet M 14×1,25 cu scaun plat și cu scaun conic;

— parametrii controlați

— etanșare — presiune de probă, 20 bar;

— scînteie — tensiune probă, 17 kV;

— presiune probă, 8 bar;

— alimentare — manuală;

— evacuare — automată;

— sortare — se realizează în trei clase: a) piese bune (corespunzătoare); b) piese necorespunzătoare la etanșare; c) piese necorespunzătoare la scînteiere.

Sortarea se realizează automat pentru piese bune și pentru piese necorespunzătoare la etanșare și se comandă manual de către un operator pentru piese necorespunzătoare la scînteiere:

— timpul de probă etanșare — reglabil 10 ... 300 s;

— productivitatea, 10 bujii la 60 s;

— sursa de alimentare: aer comprimat, 4 ... 6 bar/17 Nm³/h; 8 bar/3 Nm³/h; 20 bar/5 Nm³/h; curent electric, 220 V/50 Hz/2 kW.

— dimensiuni de gabarit: 2 000×2 250×2 500 mm — mașina propriu-zisă; 2 000×1 500×500 mm — dulap electric; 1 410×1 650×600 mm — grup alimentare 17 kV.

Avantaje tehnice. Pînă în prezent pe utilajele existente la I. SINTEROM, bujiile se controlau statistic. Această mașină realizează controlul 100% al bujiilor montate la cald.

Avantaje economice: eliminarea importului de licență și a unei instalații complete circa 9,6 mil. L.v.; prin modernizarea montajului actual și asimilarea în fabricație a bujiilor pentru autoturismul OLTCIT se obține și o îmbunătățire a calității producției, menținerea caracteristicilor funcționale la valori constante, o mai mare ordine și disciplină în procesul de producție; competitivitate pe plan mondial.

TMGM

II

CONCEPTE ȘI STRATEGII DE INTRODUCERE A TEHNOLOGIILOR MODERNE

4

Un punct de vedere privind locul și rolul tehnologiei în societatea contemporană

Prof. univ. general-maior dr. ing. *Ștefan Ispas*
Academia Militară

„Știința nu se poate dezvolta decît numai printr-o dezbatere liberă a părerilor, a ideilor. Desigur există și vor apărea inevitabil și teze și păreri discutabile, criticabile. Nu de acestea trebuie să ne fie teamă, principala teamă și principalul pericol constau în a nu desfășura activitatea de cercetare datorită fricii de a nu greși, copiind ceea ce fac alții".

Nicolae Ceaușescu. Cuvîntarea la Congresul Științei și Invățămîntului din 23.10.1985. Opere, vol. IV, pag. 869.

1. Introducere

Caracteristica fundamentală a epocii pe care o trăim este dezvoltarea revoluționară, continuă, multilaterală, multidisciplinară, cu implicații deosebite în corelația om—tehnică și mediul sociocultural și natural. Știința a devenit un factor social cu acțiune rapidă și puternică, influența sa a deplasat echilibrul dintre diverși factori sociali, iar această deplasare a acționat asupra dezvoltării științei însăși. Dezvoltarea foarte rapidă a științei, a tuturor disciplinelor sale, a condus la extinderea domeniilor în care *omul pătrunde prin cunoștințele sale și stăpînește prin acțiunile sale.* Au apărut, prin dezvoltarea largă a disciplinelor, zone de contact și interferență, care au condus la noi discipline mixte, cum sînt biofizica, astrofizica, chimia fizică, biochimia, biotehnologia etc.

Dacă dezvoltarea de această natură este caracteristica de bază, atunci misiunea omului modern, cult și civilizat este de a cunoaște, conduce, stăpîni și îndrepta fenomenele noi pe direcții și la niveluri bine studiate, în așa fel încît folosirea cuceririlor științei și tehnicii, precum și raporturile omului cu natura să respecte cel mai rațional echilibru, care, la rîndu-i, să asigure pacea, dreptatea și echitatea socială, dezvoltarea și colaborarea largă în toate domeniile de activitate. Dezvoltarea generală a omenirii, cu precădere după cel de-al doilea război mondial, mult accelerată în ultimele două decenii, a demonstrat că în condiții de pace, chiar relativă, rațiunea omenească, acea calitate de bază a omului modern, a

sistematizat experienţa anterioară şi a organizat activitatea de regîndire a unor soluţii, în cadrul eforturilor generale şi colective de anticipare, adaptare şi integrare.

Interpretînd just fenomenele globale actuale, oamenii politici, oamenii de ştiinţă şi specialiştii din diferite domenii consideră că în zilele noastre fenomene ca epuizarea resurselor naturale, materiale şi de energie, creşterea necontrolată a poluării mediului înconjurător, precum şi creşterea explozivă a populaţiei şi, respectiv, a cererilor de hrană ale omenirii, sînt tot aşa de periculoase pentru existenţa şi viitorul omenirii, ca şi bombele cu hidrogen şi tot arsenalul de arme nucleare, chimice şi convenţionale.

În aceste condiţii s-au conturat două mari acţiuni la scară mondială: prima, luptă organizată fermă şi de amploare a popoarelor pentru dezarmare generală şi, în primul rînd, pentru dezarmare nucleară, pentru a opri în acest fel sustragerea de materii prime şi energetice de la dezvoltarea generală a omenirii şi, a doua, dezvoltarea şi diversificarea tehnologiei pentru a elabora soluţii care să evite şi să combată fenomenele globale amintite. Astfel sunt necesare o serie de măsuri corelate, printre care remarcăm *inovarea tehnologică*, pe care specialiştii o văd ca pe „un ingredient vital pentru menţinerea bunăstării şi unei activităţi economice corespunzătoare"*, şi *prognoza tehnologică*, pe care Prehoda R. W.** o defineşte ca fiind „descrierea sau precizarea unei inovări tehnologice previzibile a progresului ştiinţei în domeniul respectiv sau a unei descoperiri ştiinţifice probabile, care permite să îndeplinească o funcţie utilă, conţinînd anumite indicaţii referitoare la timpul probabil de apariţie" — prognoză despre care R. Ch. Lenz*** spunea „renunţarea la prognozare echivalează cu renunţarea la supravieţuire, cursa pe drumul progresului pretinde mize mari, dar a nu participa la ea a devenit imposibil".

2. Capacitatea tehnică şi societatea

> *„Grija pentru om şi destinul lui trebuie să constituie întotdeauna interesul principal al tuturor eforturilor tehnice.*
> *Nu uitaţi asta niciodată în mijlocul diagramelor şi ecuaţiilor voastre"!*
>
> **Mesajul lui Ad. Einstein către ingineri.**

Pe această temă s-au iniţiat discuţii şi preocupări pe diverse planuri pentru punerea capacităţii tehnice în slujba întregii societăţi, în slujba omenirii. Un studiu interesant a prezentat în acest sens dr. A. Eg-

---

* B. C. Twis — Inovarea tehnologică, Bucureşti, Editura Tehnică, 1979.

** Designing the Future the Role of Technological. Forecasting Chilton Books, 1967.

*** Technological Forecasting. Ed. II-a. Raport ASA-TDR 62—114. Aeronautical Systems Division-Air Force Systems Comand — Qhio iunie 1962 (citat în E. Jantsch în lucrarea Prognoza tehnologică, Ed. Ştiinţifică, 1972.

gers*, intitulat „Interacţiunea dintre capacitatea tehnică şi societate", în care, pe baza schemei prezentate în fig. 4.1, face următoarele consideraţii:

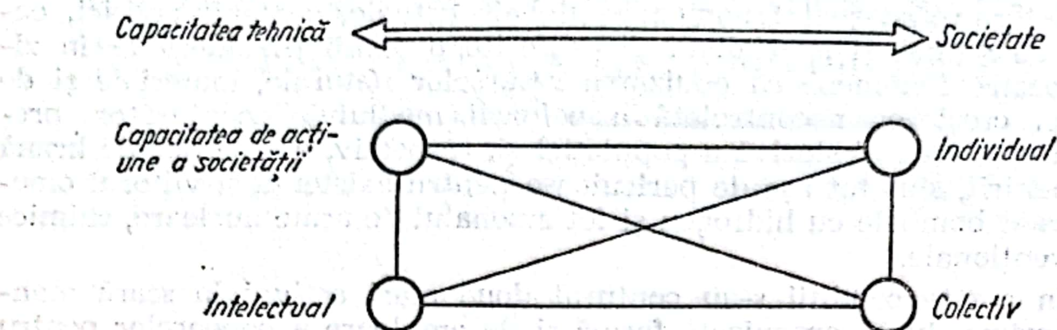


Fig. 4.1. Interacţiunea dintre capacitatea tehnică şi societate.

Se consideră capacitatea tehnică a societăţii ca fiind produsul capacităţii intelectuale existente şi capacităţii de acţiune a societăţii asupra resurselor existente, societatea fiind totalitatea indivizilor şi instituţiilor pe care le definim prin cuvîntul omenire. Interacţiunile în diagonală sînt produsul posibilităţilor capacităţii de acţiune a societăţii. Ca exemplu, poate fi citată totalitatea activităţilor agricole, industriale şi economice, care pot influenţa existenţa omului.

Interacţiunile triunghiulare sînt rezultatul relaţiilor dintre individ, intelect şi capacitatea de acţiune a societăţii, acestea fiind esenţiale atît în domeniul artelor, cît şi în cel al ştiinţei. În funcţie de relaţiile pe care le stabilim între diversele puncte ale unei diagrame, putem elabora rezultatul problemei, luată în considerare ca filozofie sau conducere, numărul de trei fiind suficient în elaborarea modalităţii în oricare dintre scopurile propuse. Deci, interacţiunile în triunghi determină şi modelează** progresul societăţii în funcţie de interacţiunile în diagonală, care stabilesc, iniţial, posibilităţile evolutive. Rezultatele interacţiunilor în diagonală (parametrii — cheie ai efectelor finale) au fost generate de dezvoltarea capacităţii tehnice asupra progresului societăţii. Dintre acestea cel mai concludent rămîne mobilitatea orizontală crescîndă, corespunzătoare reducerii dimensiunilor relative ale lumii, direct proporţional cu descrierea timpului de parcurgere a unui spaţiu dat. Timpul necesar pentru o călătorie de mii de kilometri a fost redus o dată sau de două ori în ultimele sute de ani. Azi putem călători practic oriunde în lume în numai cîteva ore cu un avion cu reacţie, iar astronauţii pot călători în jurul lumii în cîteva minute cu ajutorul unei nave cosmice.

Efectul cert al măririi posibilităţilor de contactare a oamenilor ce trăiesc în locuri foarte depărtate a fost profund. Se remarcă o creştere marcantă a numărului conferinţelor internaţionale, multe ţinîndu-se în scopul creşterii posibilităţilor de colaborare internaţională. Turismul mondial cuprinde peste 200 milioane de călători pe an. În scurt timp oamenii au ajuns mai aproape unii de alţii. A crescut capacitatea de mobilitate orizontală şi de mobilitate verticală prin paşii făcuţi de astronauţii

* În: Astronautics and Aeronautics, oct., 1986.

** În legătură cu modelarea, prof. dr. doc. ing. Ed. Nicolau în lucrarea sa „Ingineria cunoaşterii", Ed. Albatros, 1985 spunea: „După cum metafora este un procedeu uzual în literatură, la fel modelarea este un procedeu uzual în ştiinţă".

navelor Soiuz și Apollo, care i-au dat omului o nouă perspectivă asupra lui însuși, asupra pămîntului văzut de pe lună și asupra altor corpuri cerești. Rezultatele interacțiunilor în triunghi, dintre capacitatea tehnică și societate, au apărut și s-au răspîndit în modalități diferite în toată lumea, fără ca vreuna dintre aceste modalități să modifice hotărîtor interacțiunea.

Contribuțiile lui Galileo, Newton și a celor ce le-au urmat a influențat dezvoltarea societății. Se amintește că Newton era prieten cu filozoful englez John Locke și acest lucru a stimulat o interacțiune în triunghi, implicînd atît posibilitățile individuale, cît și pe cele ale societății. Influența lucrărilor lui Newton a adus o confirmare semnificativă a principiului interacțiunilor în triunghi prin Laplace, „acel Newton al Franței", care a jucat un rol esențial pe linie științifică, prin valorificarea finală a filozofiei asupra naturii a lui Newton (legile mișcării) din lucrarea sa „Mecanica cerească"*.

Filozoful german Hegel a fondat concepția deterministă a omului asupra mediului înconjurător și aceasta a jucat un rol cheie în dezvoltarea teoriei dialectice a filozofiei sale, pe care el o considera nu numai teoria despre realitate, ci însăși realitatea la care se referă teoria.

K. Marx și F. Engels au considerat că părerile lui Hegel pot fi componente de bază ale studiilor social-economice și le-au preluat în lucrările lor. După cum se știe, lucrările lui Marx și Engels au constituit temelia socialismului științific contemporan, cu particularizări în raport cu condițiile istorice ale fiecărei țări.

3. Unele aprecieri și păreri privind corelațiile dintre știință și artă, dintre tehnologie și filozofie

„Meseria de inginer este arta care direcționează marile resurse ale puterii în natură pentru folosul și binele omului".

Thomas Tredgold

Este știut că inginerii sînt primii chemați să realizeze, prin cercetare, proiectare și producție, prin exploatare rațională, bunuri materiale cu tehnologii — în care elementul fundamental îl constituie capacitatea de creație — și cu finalitate în care să se regăsească utilul, frumosul, eficientul.

Doi colegi de profesie au apreciat că *„ingineria este, în tot ce are mai frumos, o simbioză între abstractul matematic, concretul tehnologic și inefabilul artei"***.

În acest sens, îmi exprim nedumerirea de ce despre problemele teoretice, practice, istorice și de perspectivă privind dezvoltarea tehnologică, despre implicațiile științei și tehnologiei, au scris mai mult politologii, filozofii și economiștii, spre cinstea lor — și nu inginerii?

---

* Se spune că atunci cînd Napoleon l-a întrebat pe Laplace care era locul lui Dumnezeu în sistemul său, el a răspuns: „Nu am nevoie de această ipoteză".

** V. Olaru și C. Brătianu — Modelarea numerică cu elemente finite. București, Editura Tehnică, 1986.

Înțelegînd, pe baza experienței profesionale pe care o am, corect locul și rolul inginerului în societatea contemporană, mă întreb de ce ei, care, pe baza unei culturi generale largi, a unei pregătiri teoretice și de specialitate temeinice, care fac în mod concret și direct știință, tehnică și tehnologie (concepte, proiecte, produse, procese etc.) sau indirect, ca parteneri indispensabili în disciplinele de frontieră (biotehnologie, biochimie, bioinginerie etc.), nu abordează prin lucrări de profunzime domeniul acesta atît de revoluționar?

Consider că incursiunile de amploare și profunzime făcute în acest domeniu pe direcții de mare interes teoretic și practic de unii oameni de știință — ingineri români, sînt demonstrații exemplare ale posibilităților pe care le au inginerii în abordarea teoretică și practică a fenomenului tehnic și tehnologic contemporan, precum și asupra tendințelor de dezvoltare în viitor. În continuare voi prezenta cîteva păreri despre legătura știință—artă și corelația filozofie—tehnologie, dar nu înainte de a marca unele cerințe ale profesiei inginerești.

Funcția socială a inginerului contemporan depășește astăzi granițele cunoscute și pentru ca acesta să se ancoreze puternic în economia țării sale, el trebuie să participe la acțiunea de descoperire și realizare de noi resurse materiale și energetice, la realizarea de bunuri materiale utile prin proiecte de concepție și tehnologice avansate, la depoluarea, la o viață socială și culturală modernă. Inginerul contemporan nu se mai poate rezuma la o specializare îngustă. El trebuie să cunoască în afara specialității, elementele conducerii și organizării științifice, de nivel general, calculul operațional, modelarea matematică, organizarea și conducerea proceselor de muncă și de producție — fără de care spațiul de aplicare al cunoștințelor de specialitate se reduce foarte mult.

Cu o astfel de pregătire multilaterală, centrată pe specialitate, „el poate fi *anatomist* cînd cercetează structura materialelor, *fiziolog* cînd se preocupă de comportarea unui sistem sau subsistem tehnic la solicitările la care este supus, *igenist* cînd stabilește folosirea rațională a materialelor, energiei și instalațiilor, *medic legist* cînd analizează o construcție care nu s-a comportat bine pentru a stabili exact, științific, cauzele și pentru a trage învățămintele necesare. Am putea aprecia că inginerul contemporan are o sarcină chiar mai ingrată decît medicul, pentru că lui i se cere să garanteze nu numai moral, dar și material buna comportare a construcțiilor și instalațiilor concepute și realizate de el."

Edmond Braun prezentînd concluziile Congresului cu tema „Științele și Tehnicile din anul 2000" care s-a ținut în Franța, în anul 1971 — arăta*: „Vom reține că pregătirea unui viitor cît mai acceptabil posibil, necesită în primul rînd participarea tehnicienilor și inginerilor"**.

Relativ la legătura știință—artă, Denis Diderot arăta: „Puneți într-o parte a balanței avantajele reale ale celor mai sublime științe și ale celor mai onorate arte și în partea cealaltă pe cele ale artelor mecanice și veți afla că părerea pe care ne-am făcut-o despre unele și cea pe care ne-am făcut-o despre celelalte n-a fost distribuită în adevărata relație a acestor avantaje și că mult mai mult i-am lăudat pe oamenii care ne fac să credem că sîntem fericiți decît pe oamenii care fac să fim efectiv fericiți"***.

---

* „Anul 2000 peste 30 de ani". In: Science, Progres, Decouverte. Ianuarie, 1972, Paris.

** John Bernal. Istoria științei. București, Editura Științifică, 1966.

*** Cugetări asupra interpretării naturii. Paris, 1964.

Matematicianul român Gh. Țițeica aprecia că: „Oricît de deosebite ar părea știința și arta, oricît de puțină apropiere am fi dispuși să facem între legea gravitației universale a lui Newton și o madonă a lui Rafael, totuși, în mecanismul esențial al creației științifice și creației artistice, în partea cea mai adîncă a firii lor, este ceva comun. Și e natural să fie așa. Ele izvorăsc, și una și alta, adică și știința și arta, din partea cea mai înaltă, cea mai curată, cea mai fină și cea mai aleasă a sufletului omenesc. După cum izvoarele Oltului și ale Mureșului pornesc din Ardeal aproape din același loc, dar apele în curgerea lor mai departe au soartă deosebită, tot așa izvoarele științei și artei sînt aproape comune, dar, în desfășurarea lor, una pornește pe povîrnișul neted al rațiunii, iar cealaltă pe povîrnișul frămîntat al sentimentului"*.

Admițînd ca pe o axiomă faptul că arta și știința sînt activități de ordonare a minții omului, trebuie să apreciem că nu unificarea artei cu știința, ci integrarea lor constituie comandamentul major al timpurilor pe care le trăim, pentru că atunci cînd unifici îți tîrguiești responsabilitățile, pe cînd atunci cînd integrezi, ți le asumi.

Foarte interesante și onorante pentru profesia de inginer sînt și unele preocupări și concepții privind filozofia și tehnologia. În acest sens, filozoful Mario Bunge dedica într-o lucrare** a sa un capitol consistent filozofiei tehnologiei în care, printre altele, observa: „Oriunde există o cercetare rațională a cunoașterii există filozofie. Trebuie să existe o filozofie a tehnologiei, adică un ansamblu de concepte și de ipoteze filozofice inerente teoriei și practicii tehnologiei, tehnologul... divide realitatea în resurse, mașini și restul..., tehnologul caută să cunoască pentru a face".

De asemenea Ernst Kapp, geograf și filozof, care în secolul trecut a elaborat prima lucrare de filozofie a tehnologiei***, aprecia că tehnologia este o extindere a organelor omului, în special a mîinii ca arhetip al tuturor artefactelor; pentru el tehnologia este un mijloc de progres, cultural, moral și intelectual.

Filozoful J. K. Feinbleman**** s-a declarat surprins că tehnologia a fost complet neglijată de filozofie, cu toate că tehnologia a jucat un rol esențial în cultura umană. El consideră că inginerii au introdus un nou ingredient în lume — *artefactul — prin care înțelege materia transformată prin acțiune umană, pentru uz uman.* Tot el a adus un adevărat imn tehnologiei, apreciind astfel rolul acesteia. „Cultura umană este, în general, un produs material al tehnologiei... Refuzul de a recunoaște această influență... a viciat întreaga filozofie a culturii... Nu există multe materiale în concepția unor maeștri ca Schopenhauer, Hegel sau Nietzche — nici artefacte, nici ingineri, nici tehnologi, numai atitudini psihologice, impulsuri personale, contemplări subiective... Dacă s-au construit palate, obeliscuri, catedrale, monumente, ei spun că au fost ridicate în onoarea conducătorilor... dacă era bogăție și cultură ea a fost ordonată de regi și împărați... Dar geniul oamenilor care erau responsabili pentru aceste construcții, și de fapt pentru orice, a trecut neobservat de acești filozofi... Dacă a fost vreo singură mișcare constant-progresivă în istorie... aceasta este creșterea tehnologiei și ghidajul inginerilor".

---

* Discurs la Academia Română, 1930.
** Epistomologia, Editura Maloine Paris, 1983 (traducere din limba spaniolă).
*** Grundlienen einer philosophie der tecknik. Braunschweig, 1877.
**** Technology and reality, Haga, 1982.

O apreciere asupra tehnologiei ca proces de cunoaştere făcea prof. dr. doc. ing. M. Drăgănescu atunci cînd spunea: „Tehnologia, încă de astăzi, nu poate să însemne numai sistemele formale ale proceselor, produselor şi marilor ansamble, ci şi relaţia acestora cu omul. Viziunea filozofică asupra tehnologiei ar trebui să îndrepte pe tehnologi să acorde o atenţie factorului uman şi relaţiilor umane, favorizînd prin tehnologie,

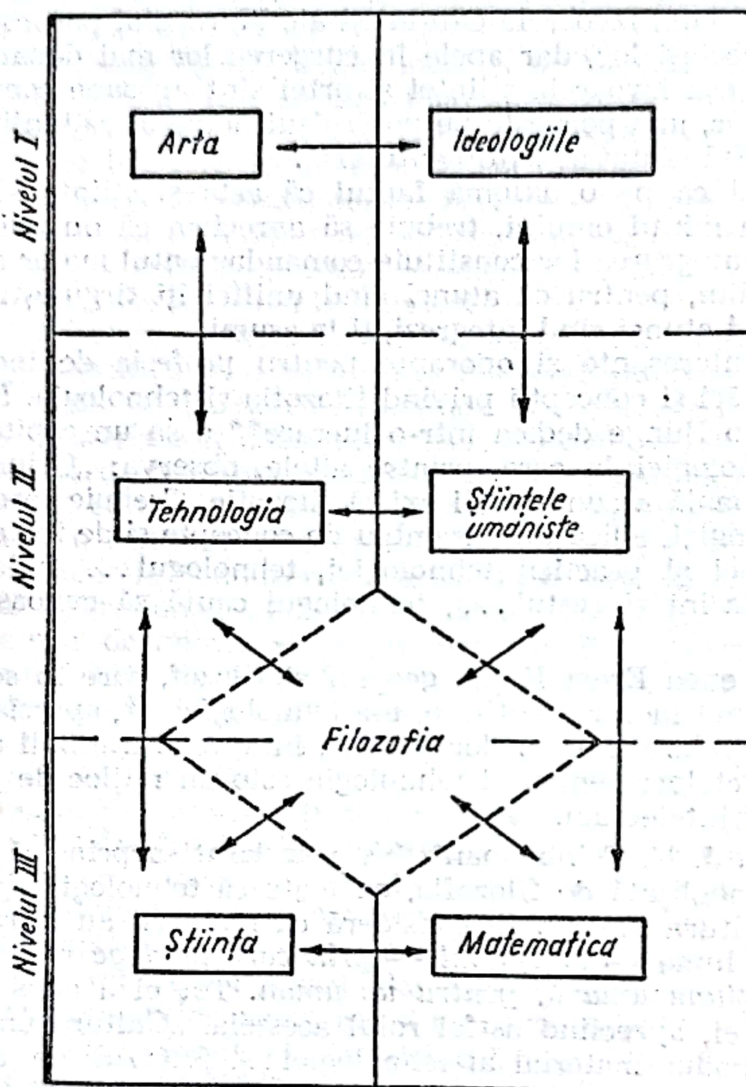


Fig. 4.2. Sistemul culturii contemporane (cu linie întreruptă — delimitări imprecise; cu linie plină — interacţiuni).

prin relaţia dintre om şi tehnică, tot ceea ce contribuie la civilizaţia socio-umană. Pe lîngă tratarea tehnologiei din punct de vedere ontologic şi gnoseologic, o importanţă crescîndă va căpăta înţelegerea filozofică a creaţiei tehnologice*.

Un alt punct de vedere interesant referitor la legătura dintre artă şi tehnologie a exprimat A. Bogsch, director al Organizaţiei Mondiale pen-

* Filozofia tehnologiei sau viziunea filozofică asupra tehnologiei. Comunicare la Conferinţa Naţională de electronică, telecomunicaţii, automatică şi calculatoare, 1984. In: Forum nr. 1/1985.

tru Proprietatea Intelectuală, care aprecia că: „Arta și tehnologia fac viața oamenilor, mai încîntătoare, mai confortabilă. Rațiunea coexistenței lor își are originea în sorgintea comună, în devenirea lor prin activitatea minții omului. Tehnica și arta își dau întîlnire în egală măsură uneori la nașterea unui produs. Necesarul se împerechează cu esteticul. Competiția puternică a tehnologiilor pentru un produs este dublată de efortul designe-rilor, pentru a nu lăsa reușita artistică în urma celei tehnice*.

În figura 4.2 se prezintă o schemă generală orientativă privind corelațiile între diferite discipline și domenii ale sistemului contemporan (M. Bunge — Știință și filozofie, Editura Politică, 1984).

4. Tehnologia. Sistem tehnologic. Dezvoltarea tehnologică inginerie tehnologică. Inovarea tehnologică

„Tehnologia se situează între știință și tehnică și se caracterizează prin întrepătrunderea lor reciprocă".

Maurice Daumas

Unele concepții și păreri privind tehnologia

Cunoscînd că scopul tehnologiei este acela *de a realiza bunuri*, începem considerațiile despre tehnologie cu o apreciere făcută de Gaston Berger, care evidențiază atît necesitatea de a perfecționa continuu metodele și procedeele de lucru, cît și constatarea că niciodată nu se poate vorbi de un nivel maxim absolut.

„Sînt circa 300 000 de ani de cînd prezența omului se face cunoscută pe pămînt, dar astăzi nu mai putem spune că știm să lucrăm eficient, fiindcă descoperim de la un an la altul metode noi și este clar că deși metodele noastre de azi sînt superioare celor de ieri, ele sînt totuși infantile față de cele de mîine"**.

Tehnologia sintetizează modul în care trebuie realizate obiectivele și este transferabilă, ca un sistem de cunoștințe științifice, de la persoană la persoană, prin intermediul unor formule sau al unor materiale tipărite. Calitatea obiectului, procesului sau activității, depinde de arta, iscusința celui care o execută, iar calea de transfer este experiența.

Tehnologia contemporană este puternic și intrinsec legată de revoluția științifică și tehnică prin mutațiile pe care aceasta le induce, și anume: 1) modifică obiectul muncii și sursele de energie; 2) impune mijloace de producție de mare rafinament tehnic, calitate și eficiență; 3) solicită cadre înalt calificate; 4) permite raționalizări în consumurile de materiale, energie și manoperă; 5) pune condiții severe de antipopulare; 6) deschide noi domenii de acțiune în cosmos, în mediu marin și asupra viului; 7) modifică revoluționar sistemele de conducere a societății . . . etc.

Pornind de la cuvîntul grecesc *tehne* care înseamnă „iscusință, meșteșug", tehnica și tehnologia au fost abordate, interpretate și definite în multe etape istorice și de către mulți specialiști. Fără a avea pretenția unei incursiuni exhaustive în biografia acestor termeni, care prin

---

* Interviu acordat ziarului Contemporanul în nr. 2/1986.
** L'education dans un monde en acceleration". Enciclopedia franceză col. II partea 3-a, cap. I.

conţinutul şi valorile lor sunt un vector de transformare permanentă a procesului de realizare a bunurilor materiale şi spirituale ale societăţii, voi prezenta în continuare cîtorva referiri.

Italianul Biringuecea a elaborat în anul 1540 lucrarea „De la Pirotehnica", în care se prezenta o metodă de acţionare a mai multor foale cu ajutorul unei mori de apă, şi aceasta se consideră a fi prima lucrare de tehnologie. Germanul Georg Agricola a elaborat în anul 1566 lucrarea mai complexă în acelaşi domeniu intitulată „De metalica". Prima definiţie o întîlnim la filozoful şi economistul german I. Bokmman din Gottingen în anul 1777, care defineşte tehnologia ca fiind: „Ştiinţa care ne învaţă prelucrarea lucrurilor din natură ca şi îndemînările meşteşugăreşti". — Din şirul foarte lung de definiţii care diferă numai în formă — conţinutul fiind practic acelaşi, menţionez pe cele mai semnificative.

K. Marx a definit tehnologia ca pe „o acţiune socială, un sistem de acţiune materială construit de societate, pe o anumită treaptă a dezvoltării sale, concretizat şi realizat cu ajutorul unor dispozitive adecvate pentru efectuarea unor transformări determinate ale ambianţei, transformări conştientizate în scopuri *definite*, ce satisfac anumite trebuinţe şi nevoi fundamentale ale omului"*.

Profesorul M. Drăgănescu considera că tehnologia poate fi definită ca „mijloc şi capacitate de a realiza o anumită activitate, cadru în care intră echipamentele, procedurile de lucru şi programele de lucru**. În aceeaşi lucrare, acelaşi autor, arăta că: „în lanţul, Ştiinţă—Tehnologie—Inovare—Producţie, rolul ştiinţei ca sursă tehnologică a crescut atît de mult încît astăzi cînd se vorbeşte despre ştiinţă şi rolul ei în societate se înţelege implicit şi tehnologia", şi continuă: „sensul cel mai adecvat este dat de înţelegerea ei (tehnologie) ca mijloc sau capacitate de a realiza o anumită activitate"***.

Profesorul Ed. Nicolau aduce o informaţie interesantă într-o lucrare a sa**** unde arată, printre altele, că ideile privind tehnologia au apărut mai demult în gîndirea europeană, iar Andre Marie Ampère, în clasificarea generală pe care a dat-o ştiinţelor existente sau posibile (după concepţia sa), a introdus tehnologia ca un factor important. El leagă tehnologia de celelalte ştiinţe (deci o considera ştiinţă n.a.), nota proprie fiind utilitatea, şi, citînd pe autor, continua „Tehnologia are drept scop să descopere utilitatea pe care o putem extrage din corpuri şi mijloacele pe care trebuie să le utilizăm pentru a le face proprii nevoilor noastre".

D. J. De Solla Price consideră tehnologia: „ca un domeniu în care produsul principal urmărit este un produs fabricat, un proces, o substanţă chimică şi nu o lucrare ştiinţifică" şi continuă afirmînd că este cu totul greşit să se creadă că tehnologia ar fi echivalentă cu ştiinţa aplicată.*****

J. Schmookler****** este de cu totul altă părere, el definind tehnologia astfel: „Înţelegem prin tehnologie ştiinţa aplicată, ştiinţa inginerului, invenţia şi subinvenţia", pe care le explică astfel:

---

* Opere, vol. 21. Bucureşti, Editura Politică, 1963.
** Sistem şi civilizaţie. Bucureşti, Editura Politică, 1976.
*** Trimiterea la W. Gruber şi D. D. Marguis „Factors in the transfer of technology, Cambridge Massachusetts the MTT, Press, 1969.
**** Ingineria cunoaşterii. Bucureşti, Editura Albatros, 1985.
***** Ştiinţa mică, ştiinţa mare. Bucureşti, Editura Ştiinţifică, 1971.
****** Inventation and economic growth. Harvard University Press, 1986.

a) știința aplicată constă în propoziții general verificate, utilizate și care răspund la întrebarea: cum stau lucrurile?

b) știința inginerului constă în propoziții general verificate, adică teorii, legi sau observații sistematice, indicînd cum o clasă de bunuri economice pot fi produse, sau cum o clasă de produse tehnologice din producție pot fi controlate de om;

c) invenția și subinvenția se referă la produse și procese individuale; invenția este o rețetă pentru realizarea unui produs sau proces, subinvenția este o inovație de mai mică importanță care dezvoltă sau completează o invenție.

I. T . Frolov citîndu-l pe B. Commoner* — arată că tehnologia contemporană nu poate supraviețui dacă distruge patrimoniul social de care depinde ecosfera și cere să se aibă permanent în vedere ca avantajele tehnologiei să fie mereu echilibrate cu valoarea ei ecologică**. Îndeamnă la acel „Soft tehnologic" — „tehnologie blîndă" pe care l-au anunțat englezii R. Clark și P. Harper*** și care consta în:

— aplicații lipsite de riscuri pentru supraviețuirea și sănătatea omului;

— reînnoirea continuă a proceselor și produselor;

— folosirea cu precădere a substanțelor naturale;

— consumuri minime de materiale și energie.

M. Malița, referindu-se la cei care elaborează și aplică tehnologia arăta: „Tehnologii reclamă în mod activ transformarea viitorului într-o știință. Cele dintîi interpolări le-au întreprins inginerii obligați să știe dinainte cum va evolua tehnica în viitor.****

Alvin Toffler concepe o definiție aparte, dar cu rol primordial în dezvoltarea socială contemporană, dînd în același timp și cauza principală (cunoașterea) a dinamismului acesteia și arăta: „În spatele faptelor economice stă imensa locomotivă a schimbărilor care este tehnologia — dar nu este singura sursă a acestor schimbări. Dacă tehnologia este privită ca o locomotivă uriașă, ca un puternic accelerator, atunci cunoașterea trebuie considerată ca fiind combustibilul acesteia; accelerarea unor schimbări constituie în epoca noastră forța esențială"*****.

E. Jantsch — considera că „Tehnologia constituie domeniul vast al aplicațiilor orientate către un anumit scop precis al științelor fizice, științelor vieții și științelor comportamentului. Ea cuprinde atît întreaga sferă a noțiunii de tehnică, cît și medicină, agricultură, știința conducerii și alte domenii cu întregul lor conținut material și spiritual******.

Autorul acestui articol, considerînd că această formulare este cea mai cuprinzătoare, continuă totuși această enumerare cu alte definiri ale tehnologiei, astfel, G. M. Dobrov: „Tehnologia este un sistem compus dintr-un ansamblu de mijloace tehnice (harware), de metode și proceduri de utilizare efectivă a acestor mijloace (software) și de organizare specifică (orgware) preconizat pentru a fi utilizat de către factorii de decizie*******.

---

* The Closing Circle Londra, 1972.

** Progresul științei și viitorul omului. Editura Politică, 1977.

*** The Science of War and Peace — Londra, 1971.

**** Aurul cenușiu. Vol. 1, 2, 3. Cluj, Ed. Dacia, 1971, 1972.

***** Șocul viitorului. București, Editura Politică, 1973.

****** Prognoză tehnologică. București, Editura Științifică, 1972.

******* A strategy for Organized Technology. In: Technol. Forecast Soc. Change 13/1979.

O clasificare interesantă a tehnologiei industriale care operează cu: 1) informații, 2) cunoștințe și experiență, 3) cadre calificate și 4) mijloace de producție, a prezentat H. Haymann* care a identificat trei categorii de tehnologii:

— tehnologia de proiectare *(technology of design)*, cercetare și dezvoltare, testări și experimentări în vederea creării de produse, procedee și metode noi sau perfecționate, tehnologie de laborator;

— tehnologia producției sau fabricării *(technology of manufacturing)*, fabricația efectivă, „arta" fabricării, tehnici de prelucrare, de tratare a substanțelor etc., tehnologia de uzină;

— tehnologia conducerii *(technology of management)*, care se ocupă cu organizarea producției moderne pe scară mare și răspunde la întrebările:

— cît și ce fel de specializări sînt necesare și permise?

— ce categorii profesionale trebuie pregătite?

— ce atribuții și competențe se pot corela cu sistemul de conducere?

Același autor face o diferențiere între tehnică și tehnologie, încercînd o limitare a fiecăreia în scopul înțelegerii mai bune a funcțiilor acestora. Astfel el arată că tehnica cuprinde o serie ordonată de operații (fizice și/sau intelectuale), este o metodă prin care se înfăptuiește o anumită acțiune materială (sau materializată) finalizată (urmărind realizarea unui scop) în condițiile de fezabilitate și eficiență date, iar tehnologia desemnează știința sau activitatea științifică întemeiată pe folosirea combinată a unor tehnici, în vederea realizării unor sisteme de acțiuni materiale (ori materializate) finalizate în mod complex.

Asemenea precizări privind tehnica și tehnologia sînt prezentate și de alți autori români în lucrările lor (v. A. Vela — „Civilizația industrială în confruntare cu sine însăși", Editura Politică, 1986, cap. 9; 91. I. Crișan — „Tehnologia ca sistem", Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1980, cap. 1, citînd o serie de dicționare de specialitate).

„Tehnoservice" este un nou termen folosit în ultimii ani de specialiști, definit ca mod de folosire a tehnologiei informaționale, care cere conducătorilor o schimbare în stilul de muncă și în viziunea asupra modalităților celor mai eficiente de lucru pentru a asigura calitatea produselor, dar și pentru a stimula creația. În acest concept, o tehnologie trebuie astfel proiectată încît să se constituie într-un instrument al producătorului, care răspunde atît de calitatea produselor, cît și de satisfacerea beneficiarului.

În terminologia generală de specialitate și la noi în țară se face uneori o diferențiere între tehnică și tehnologie. Aceste noțiuni se întrepătrund, păstrîndu-și totuși unele particularități. M. Drăgănescu face următoarele aprecieri**: Tehnica se referă la tot ansamblul de cunoștințe speciale care stau la baza activității inginerului. Tehnologia este definită în raport cu domeniul în care acționează — industrial, medical, biologic, (vezi definiția lui E. Jantsch), și continuă: „Noțiunea de tehnologie este aceea care are înțelesuri diferite, fiind cuprinsă uneori în noțiunea de

---

* China's Approach to Technology Acquisetion. The Rand Corporation, Santa Monica, 1971.

** Sistem de civilizație. București, Editura Politică, 1976.

tehnică, alteori fiind echivalentă cu tehnica, iar alteori cuprinzînd ea însăşi noţiunea de tehnică“ (vezi şi nota din subsol)*.

În încheierea acestor consideraţii, doresc să reţin atenţia cititorilor, şi mai ales specialiştilor familiarizaţi cu acest fenomen, că bibliografia şi argumentele pe care am construit acest punct de vedere — cu toată strădania de a prelua numai elemente generalizatoare şi cu perenitate — s-ar putea să fie depăşite de schimbările căutate, dorite sau nedorite care apar exploziv şi de aceea invit pe cititori să considere afirmaţiile mele pasibile de completări, îmbunătăţiri şi chiar interpretări diferite. Apreciez însă că datele pe care le pun în discuţie fac parte totuşi din elementele de bază care au contribuit şi vor contribui efectiv şi determinant la realizările actuale şi viitoare. I. Newton spunea cîndva că „noi vedem mai departe ca înaintaşii noştri pentru că stăm pe umerii lor“.

Sistemul tehnologic

„În trecut omul era principalul atu, în viitor acest atu va fi sistemul“.

F. W. Taylor

În epoca pe care o trăim, epoca structurilor dinamice, în care schimbările au un caracter constant iar timpul pentru luarea deciziilor s-a comprimat enorm şi în care, practic, succesiunea s-a transformat în simultaneitate, rezolvarea problemelor sociale, economice, ştiinţifice şi tehnologice nu se mai poate soluţiona eficient şi operativ prin metode clasice, parţiale, empirice, ci cu metode înaintate cuprinzătoare în care să se ţină seama de factorii care intervin (input, output), dar mai ales de interdependenţele, de corelaţiile care există ca atare şi care trebuie cunoscute şi tratate corespunzător sau care sînt doar schiţate sau presupuse şi trebuie evidenţiate dintre fenomenele, procesele, activităţile ce apar în natură, în societate, în producţie.

Acest lucru l-a rezolvat în cea mai mare măsură teoria generală a sistemelor, „ca formă a cunoaşterii“ ştiinţifice, care studiază proprietăţile şi legile caracteristice sistemelor în general... natura elementelor componente şi relaţiile dintre ele. Într-una din lucrările sale** F. W. Taylor (1856—1915) spunea: „În trecut omul era principalul atu, în viitor acest atu va fi sistemul“, fapt care conduce la aprecierea că noţiunea de sistem în tehnologie nu i-a fost străină.

Concepţia tehnologică contemporană are în vedere o serie de factori, dintre care cei mai importanţi ar putea fi:

— creşterea complexităţii proceselor tehnologice, amplificarea şi diversificarea parametrilor de care depinde desfăşurarea proceselor;
— epuizarea resurselor naturale de materii prime şi energie;
— combaterea poluării mediului ambiant al vieţii;

* *NOTĂ.* În definiţia dată de dr. ing. N. Niculescu cu care sînt în principiu de acord (T.C.M.M. 2/87, pag. 16) se face referire la „metode şi tehnici de prelucrare a structurilor“, continuînd cu observaţia că: „...natura structurilor... a încetat de a mai fi o barieră în experimentarea, elaborarea, conceperea procedurilor de prelucrare cu ajutorul denumirii (noţiunii) de tehnologie“.

** La direction scientifique des entreprises, Ed. Dunod, Paris, 1965.

— automatizarea și cibernetizarea ca elemente esențiale ale progresului tehnologic contemporan.

Aceste probleme nu pot fi rezolvate fără a considera tehnologia ca un sistem propriu plasat într-o ierarhie din care nu lipsesc sistemele științei, economiei, societății etc.

La noi în țară meritul de a fi privit printre primii tehnologia ca sistem a fost al inginerului Ion Crișan, renumit specialist din construcția

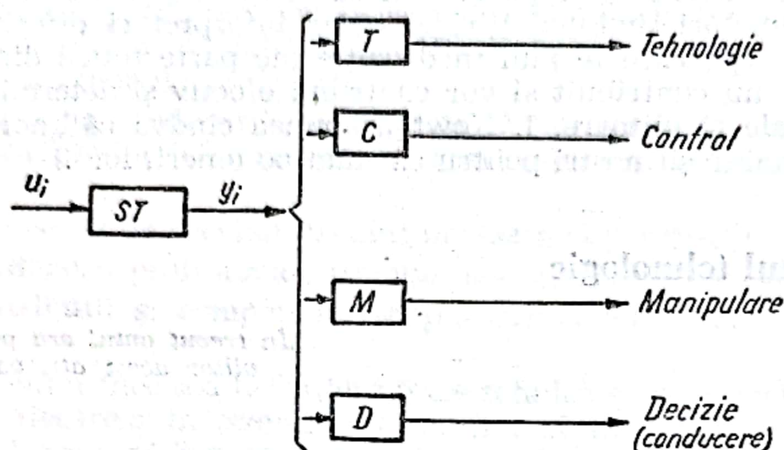


Fig. 4.3. Sistemul tehnologic.

de mașini*. Astfel, el considera sistemul tehnologic ca „un ansamblu structurat de mijloace de producție legate între ele, prin relații bine stabilite, ale cărei funcțiuni sînt sarcinile de muncă avute în vedere (fig. 4.3).

Considerat ca fiind nu numai o schimbare de metodă, ci și o inovare în gîndirea tehnică, sistemul tehnologic are următoarele caracteristici:

— este un concept unitar de gîndire tehnică, ce face sinteza dintre metodele de muncă și echipamentele necesare aplicării acestor metode;

— modifică prioritățile procesului de concepție tehnologică prin transformarea efortului principal de creație, de la concepția izolată a elementelor, la concepția integrată a sistemului;

— consideră interconectabilitatea ca cerință necesară în gîndirea sistemică, aceasta presupunînd existența unor relații între mijloacele tehnice participante la realizarea unui proces;

— este dinamic — prin conceperea obiectivelor de studiu în mișcare, în interdependență, în spații în care au loc schimburi și fluxuri de energie și informații în mod continuu**.

---

* Tehnologia ca sistem. București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1980.

** NOTĂ. În articolul „The Dynamics of Technological Change" în Economic Impact 3/1983, L. A. Girifalco arată că impactul dinamismului tehnologic asupra dezvoltării sociale, pe care îl interpretează ca fiind „transformarea tehnologiei în cursul unui ciclu", se realizează prin 4 categorii de factori:
— rata difuzării tehnologiei (propagarea unei noi tehnologii într-o industrie sau în totalitatea sistemului economic);
— rata substituirii tehnologice (înlocuirea unei tehnologii, sau a unui produs cu altele);
— frecvența inovațiilor tehnologice (numărul dezvoltărilor introduse);
— decalajul în timp al inovației (timpul dintre apariția inovației și comercializarea (utilizarea) ei.

Plecînd de la aprecierea pe care o face I. Crişan în lucrarea citată „Flexibilitatea devine calitatea tehnologică cheie" şi adăugînd consecinţele revoluţiei tehnico-ştiinţifice contemporane, apreciez că putem atribui sistemului tehnologic o calitate nouă, flexibilitatea, care induce schimbări calitative în procesele tehnologice şi de conducere pe toate treptele ierarhice şi care în producţie realizează reglarea prin folosirea calculatorului, comutarea folosind centrele de prelucrare, modularea, tipizarea pieselor, scule polivalente (producţia flexibilă)*.

Aprecierea că tehnologia este un sistem, rezultă şi din interpretarea definiţiei pe care a dat-o Mario Bunghe, care o aprecia ca pe „un sistem de cunoştinţe compatibil cu ştiinţa şi controlabil cu ajutorul metodelor ştiinţifice ce poate fi folosit pentru a controla, transforma şi crea lucruri sau procese naturale sau sociale, cu un anumit scop practic."

Consideraţii şi aprecieri interesante s-au făcut în cadrul lucrărilor Laboratorului Internaţional de Ecologie Umană — Produs — Calitatea vieţii din 14.11/1985**. Plecînd de la constatarea că tehnologiile de vîrf sînt tehnologiile capabile să asigure dezvoltarea întregului sistem tehnologic al unei societăţi, se fac următoarele precizări:

— sistemul tehnologic se constituie ca subsistem al societăţii (este şi un subsistem al ştiinţei în acelaşi timp, n.a.), fiind determinat atît de sistemul social, global, cît şi de dezvoltarea ştiinţei (noi descoperiri n.a.) avînd în acelaşi timp şi o autonomie relativă;

— elementul central al sistemului tehnologic îl constituie omul, căci el dă vitalitate societăţii şi este singurul factor activ; în aceste condiţii „problemele" tehnologiei sînt în fond problemele relaţiilor dintre grupurile umane în procesul general al dezvoltării unei comunităţi;

— sistemul tehnologic al unei societăţi poate fi definit: ca „sistemul mijloacelor de acţiune directă prin care o comunitate umană recunoaşte, interpretează şi rezolvă problemele cu care este confruntată în raport cu un model social-cultural";

— sistemul tehnologic este generat de creaţia ştiinţifică şi tehnologică, dar se referă nemijlocit la realitatea socială; deşi creaţia ştiinţifică şi tehnologică are un caracter universal valabil, instrumentalizarea cunoştinţelor generate de sistemul tehnologic se aplică în raport cu particularităţile fiecărei ţări şi mai ales ale strategiilor de dezvoltare preconizate; în astfel de condiţii, tehnologia exprimă modalităţile de instrumentalizare a culturii şi măsura în care creşterea devine mijloc direct de acţiune umană.

Într-o lucrare a sa, Mario Bunge a destinat un întreg capitol intitulat „Bogăţia filozofică a tehnologiei" acestei probleme, apreciind că prima problemă de ordin filozofic cu care ne confruntă tehnologia este aceea de a o caracteriza, cu atît mai mult, cu cît nu există un consens în ce priveşte definirea ei.

În analiza pe care o face constată că nu se poate accepta „semnul egal între tehnologie şi inginerie", observînd că dacă am face-o am întîmpina greutăţi în plasarea unor forme de acţiune ca bioingineria, teh-

* În numerele 1 şi 2/87 ale T.C.M.M. — Editura Tehnică, au fost prezentate pe larg sistemele de fabricaţie flexibilă.

** Academia de Ştiinţe Sociale şi Politice, în cadrul temei „Impactul social uman al tehnologiilor de vîrf".

nologia educațională etc. și optează pentru o definiție generală a tehnologiei, capabilă să cuprindă toate ramurile viitoare ale tehnologiei" și în acest sens prezintă următoarele considerații: un sistem de cunoștințe este o tehnologie dacă și numai dacă: I) este compatibil cu știința și controlabil cu ajutorul metodei științifice și II) poate fi folosit pentru a controla, transforma și crea lucruri sau procese naturale sau sociale, cu un oarecare scop practic considerat folositor.

După care precizează:

a) nu este necesar să fii ființă umană pentru a avea o tehnologie;

b) pe lîngă adoptarea metodei științifice, toate tehnologiile tradiționale — adică ingineria fizică, chimică și biologică — prezintă o intersecție nevidă cu știința; pe de altă parte, unele tehnologii noi, precum cercetarea operațională și știința informației, au comun cu știința doar metoda;

c) tehnologia și orice știință sau matematica pe care le presupune sînt simultane; astfel, nu vom considera ingineria alchimistă drept ramură a tehnologiei contemporane;

d) definiția implică noțiunea metodei științifice, cînd perfect limpede, cînd problematică (vezi nota).

Considerînd tehnologia ca un sistem de cunoștințe și condiționînd-o de o serie de factori, autorul prezintă un spectru în patru părți al tehnologiilor cunoscute:

A. **Materială**

— fizica: ingineria civilă, mecanică, electrică, nucleară spațială și electrotehnică;
— chimia: chimia industrială, ingineria chimică;
— biochimia: farmacologie;
— biologia: medicină, agronomie, medicină veterinară, bioinginerie.

B. **Socială**

— psihologia: psihiatria, pedagogia;
— psihosociologia: psihologii industriale, comerciale, psihologia războiului;
— sociologică: sociologia aplicată și paleontologie, sistematizare urbană, drept;
— economică: știința conducerii, cercetarea operațională, ingineria resurselor umane;
— război: știința militară.

C. **Conceptuală:** științele informaționale;

D. **Generală:** teorii ale sistemelor.

NOTĂ. Componentele filozofice ale tehnologiei sînt de obicei trecute cu vederea, deoarece oamenii rareori își îndreaptă atenția acolo unde ar trebui să o facă, și anume spre cercetarea tehnologică și politică de elaborare tehnologică, și nu spre aspectele practice ale tehnologiei sau produsele ei finale.

Dezvoltarea tehnologică. Probleme generale — definiţii

„Revoluţia tehnologică şi societatea informatizată pe care a generat-o nu poate fi apanajul nici unei ţări. Spaţiul ei vital este cel al lumii întregi".

J. J. Servan Schreiber

În decursul istoriei, tehnologia industrială s-a dezvoltat sub influenţa a patru factori principali: — recunoaşterea unor necesităţi; — existenţa unor cunoştinţe, iniţial sub forma unor oameni de ştiinţă şi ingineri talentaţi; — existenţa resurselor necesare (materiale, financiare, energetice) şi a mijloacelor de producţie.

În prezent trebuie recunoscut faptul că viteza cu care pot fi introduse noile tehnologii este o funcţie directă de cunoaştere, de educaţie şi pregătire profesională a cadrelor.

După părerea lui M. Drăgănescu* „Dezvoltarea tehnologică este mai restrînsă decît noţiunea de tehnologie. Dezvoltarea tehnologică cuprinde cercetarea tehnologică, inclusiv pentru noi tipuri de maşini, utilaje şi produse, cuprinde experimentarea în staţii pilot, precum şi activităţile de proiectare tehnologică, atît cele legate de activitatea de cercetare, cît şi cele fără o activitate de cercetare care contribuie la inovare".

Interpretată de către specialişti din diferite ţări în funcţie de sistemul de dezvoltare al ţării cărora aparţin şi de obiectivele propuse de fiecare ţară, dezvoltarea tehnologică este considerată a fi activitatea care se desfăşoară pe baza: 1) rezultatelor cercetării ştiinţifice aplicative şi 2) cunoştinţelor empirice pentru realizarea unui produs şi a tehnologiei aferente, precum şi pentru modernizarea şi perfecţionarea produselor şi tehnologiilor existente.

După unii autori şi lucrări de specialitate**, obiectivele dezvoltării tehnologice pot fi grupate în trei categorii: produsele, procesele şi conducerea, dintre acestea cea mai facilă fiind dezvoltarea proceselor.

Acestea se realizează prin următoarele căi: a) studii şi cercetări proprii; b) introducerea know-how-ului; c) cooperarea şi colaborarea cu alţi parteneri.

a. Dacă dezvoltarea se planifică a se face prin studii şi cercetări proprii, aceasta are o durată mai mare şi este necesară o acumulare a dezvoltării proprii de know-how tehnologic, astfel încît un obiectiv specific (produs, proces) să fie atins într-un anumit timp. Este o tendinţă pe cale de generalizare pentru că se foloseşte inteligenţa şi experienţa proprie şi este important ca o întreprindere, după ce a atins nivelul de dezvoltare planificat, să-şi propună noi obiective mai înalte şi să continue eforturile pentru a se îmbunătăţi în mod considerabil.

b. În cazul dezvoltării prin introducerea know-how-ului, care deşi este mai costisitoare, are o durată mai scurtă, aceasta se face prin instruirea tehnologică a personalului la partenerul care a oferit know-how-ul, introducerea unor maşini şi echipamente noi.

---

* Sistem de civilizaţie. Bucureşti, Editura Politică, 1976.

** Technological Developing Capability of small and Mediu, Entreprises — Monthly Journal — iulie, 1976.

c. Dezvoltarea pe bază de cooperare se practică în general atunci cînd se urmărește accesul la o tehnologie nouă în condițiile unui efort valutar redus, plata unor documentații, școlarizări, echipamente convenindu-se a se face prin produse (procese) de cooperare. Această cale devine și mai avantajoasă pentru țările (întreprinderile) mai puțin dezvoltate, dacă se convine și asupra posibilităților de desfacere pe terțe piețe a produselor realizate de țările (întreprinderile) care se află în acțiunea de dezvoltare tehnologică prin cooperare.

Este foarte important ca înainte de a stabili obiectivele dezvoltării tehnologice să se delimiteze precis compartimentele în care ar urmă să aibe loc: în fabricarea produselor, în concepția produselor, în sistemul de control, în realizarea de produse noi. În general, dezvoltarea tehnologică progresează de la producție la concepție, de la concepție la controlul final (de fapt *la producerea calității; calitatea se produce, nu se controlează*) și în sfîrșit la controlul de perfecționare a (dezvoltarea) produselor.

În fig. 4.4 se prezintă o schemă orientativă cu factorii care influențează dezvoltarea tehnologică.

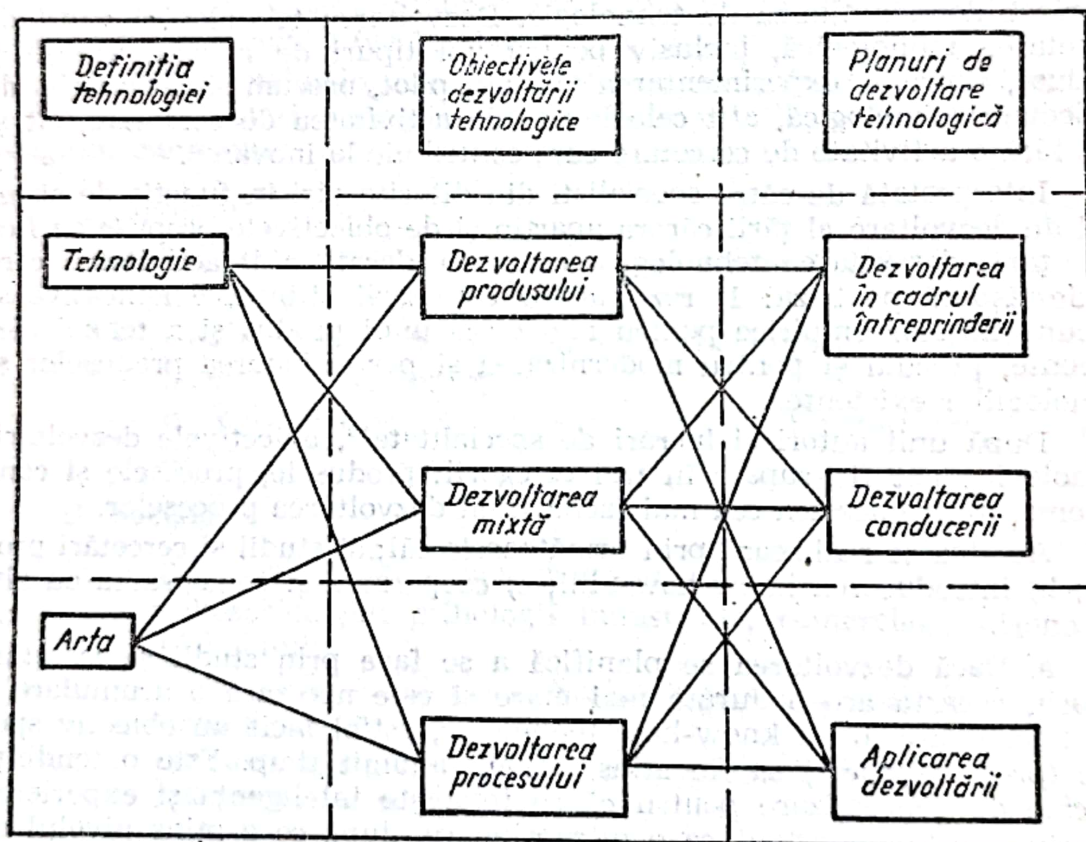


Fig. 4.4. Factorii care influențează dezvoltarea tehnologică.

Referindu-se la un stadiu superior al dezvoltării tehnologice și anume la revoluția tehnologică de astăzi, J. J. Servan Schreiber* spunea că: „aceasta nu reprezintă numai prelungirea proceselor tehnice care au urmat. Ea reprezintă o transformare a înseși condițiilor luptei oamenilor pentru a stăpîni mediul înconjurător, a-și înmulți resursele, ea reprezintă o schimbare a societății existente“.

* Sfidarea mondială. București, Editura Politică, 1982.

Evaluarea aplicării noilor tehnologii

„Dublăm universul prin cunoaştere".
Dictonul: „Avem atîta ştiinţă cîtă matematică putem introduce în ea" trebuie să devină: „Avem atîta ştiinţă cîtă etică putem introduce în ea".

F. Meyer

Ca disciplină cu finalitate concretă, tehnologia oferă în permanenţă specialiştilor, membrilor societăţii ocazia evaluării rezultatelor, aprecierii critice a produselor (proceselor) realizate care servesc societatea. Produsele ei nu pot fi ascunse, ele sînt în văzul tuturor, atrag simpatii sau antipatii, oferă reflecţii asupra modului cum a răspuns tehnologia la comanda socială, sugerează modalităţi de continuă perfecţionare şi de multe ori surprinde prin unele efecte neprevăzute şi nedorite (poluare chimică şi sonoră, consumuri exagerate de materiale, de energie şi de manoperă, echipamente costisitoare, perisabilitate, uzură morală etc.).

În ultimii ani de progres rapid al ştiinţei şi tehnologiei, oamenii de ştiinţă, inginerii, medicii, psihologii, sociologii, economiştii îşi orientează studiile lor şi încearcă să determine cît mai multe efecte nocive şi consecinţele negative, îşi concentrează atenţia asupra tehnologiilor noi, avînd în vedere cîteva particularităţi ale acestora, dintre care se impun a fi prezentate doar cîteva idei principale extrase din lucrări publicate*.

Progresele tehnologice actuale care au devenit iminente nu sînt selective privind avantajele şi dezavantajele şi de aceea trebuie, în mod virtual, să se ţină seama că fiecare domeniu al cercetării ştiinţifice — tehnologic, social — este puternic influenţat de limitarea resurselor (materiale, energetice, financiare), precum şi de necesitatea de a menţine nealterate condiţiile de viaţă.

Trebuie căutate şi găsite căile şi modalităţile pentru care noile tehnologii şi efectele lor sociale să fie orientate pe direcţii concordante cu valorile tradiţional umane.

Evaluarea efectelor noilor tehnologii ar putea duce la diminuarea efectelor nedorite prin cercetarea, precizarea şi eliminarea unor dificultăţi, cum sînt trecerea de la teoria generală la aplicaţii, gradul redus de certitudine al unor prognoze tehnologice, costurile dezvoltării tehnologice şi utilizările de importanţă majoră, faptul că legile fizice nu permit numai aplicaţii favorabile, intervenţia unor forţe instituţionalizate care dirijează dezvoltarea tehnologică în alte direcţii decît cele prevăzute iniţial de cercetători.

Procesul de evaluare (v. nota) trebuie să rezolve succesiv: definirea criteriilor şi normelor corespunzătoare noilor tehnologii într-un anumit stadiu al dezvoltării, identificarea cadrului organizaţional în care vor fi aplicate noile tehnologii, compararea noilor tehnologii cu opţiunile pre-

* P. De Leon. The Evolution of Technology R. and D. — din Researche Policy 11/1982.

NOTA. Aceste date au fost extrase din P. De Leon — The Evolution of Technology R and D în Researche Policy 11/1982.

văzute și mai ales viitoare, stabilirea etaloanelor necesare pentru măsurarea, cu o anumită certitudine, a efectului noilor tehnologii asupra societății.

Modalitățile și tehnicile de evaluare trebuie să se facă într-o gamă largă și să aibă în vedere ca efortul de evaluare să preceadă fazele de cercetare și dezvoltare tehnologică, evaluarea să se facă utilizînd un sistem multicriterial și evaluatorii să fie sensibili la schimbarea priorităților pe parcurs.

Evaluarea efectelor sociale ale noilor tehnologii este indicat să se facă pe trei direcții:

— specificarea unor domenii concrete pentru o interogare inițială;

— formularea unor planuri pe termen lung, astfel încît progresul scontat să poată fi orientat și măsurat;

— instituționalizarea sistemică a cercetării pluridisciplinare în raport cu tehnologia, priceperea și capabilitatea.

Într-o lucrare a sa*, referitor la diversitatea tehnologiilor în viitor, M. Drăgănescu apreciază: „Dacă automatizarea reprezintă esența revoluției științifico-tehnice contemporane, iar fizica și logistica — reprezintă suportul ei științific, fără îndoială că trebuie să avem în vedere și suportul ei tehnologic, ... în etapa contemporană sînt hotărîtoare tehnologiile mecanică și chimică. Tehnologia mecanică este predominantă în întreaga industrie și, în afară de tehnologiile chimice care sînt tot mai importante, se mai utilizează astăzi tehnologiile biochimice a căror importanță va crește în viitor (biotehnologiile vor cunoaște o mare dezvol-

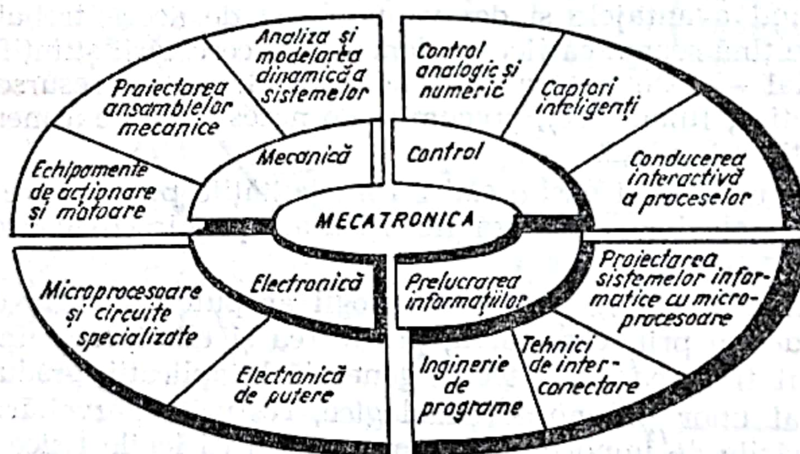


Fig. 4.5. Mecatronica.

tare în cadrul revoluției biologice, se vorbește tot mai mult de industria și fuziunea genelor n.a.) și, într-o anumită măsură, tehnologiile electrice, electronice și nucleare".

Asemenea preocupări sînt generale și, ca urmare, s-au conceput și imaginat scheme și forme în care sînt cuprinse atît tehnologiile mecanice, cît și cele electronice. Revista L'Usine Nouvelle — Franța nr. 4 din 22 ianuarie, 1987 a prezentat schema din fig. 4.5.

* Sistem de civilizație. București, Editura Politică, 1976.

Rolul dezvoltării tehnologice în dezvoltarea social-economică

„Roadele științei trebuie duse în întreprinderi, știința trebuie folosită în industrie și omul trebuie să se organizeze . . pentru a îmbunătăți și transforma condițiile vieții".

Francis Bacon

Problema este deosebit de importantă și a preocupat și preocupă mereu pe politologi, sociologi, filozofi, economiști și ingineri. O prezentare interesantă a fost făcută cu cîțiva ani în urmă de revista „Viața Economică", unde, pe baza unui larg material bibliografic, autorul*, referindu-se la raporturile complexe create de interfața știință—tehnică și societate, evidențiază rolul dezvoltării tehnologice în cadrul dezvoltării social-economice, mai ales pentru țările în curs de dezvoltare.

Autorul pune în discuție, pe baza unor comparații, unele modalități de dezvoltare socială, argumentînd cu numeroase considerații teoretice și exemple practice căile de folosire a rezultatelor științei și tehnicii pentru dezvoltarea socială, menționînd cu competență că acestea nu pot fi integral aplicate decît într-un cadru în care sînt necesare patru dimensiuni caracteristice, pe care, pentru a înțelege mai bine modul cum ele sînt influențate de dezvoltarea tehnologică, le prezint pe scurt;

— *dimensiunea politică,* care impune rolul conducerii politice în procesul de dezvoltare, în fundamentarea și implementarea politicilor de dezvoltare a sistemelor sociale, conform dezvoltării de ansamblu a sistemului social;

— *dimensionarea sistemică* — ce reclamă atît un efort intern și transdisciplinar în modelarea dezvoltării, cît și asocierea tuturor factorilor sistemului social, în procesul de identificare, proiectare și rezolvare a problemelor considerate relevante pentru evoluția socială;

— *dimensiunea prospectivă* — care evidențiază necesitatea anticipării tendințelor și evenimentelor viitoare, precum și a interacțiunilor dintre acestea pentru studierea realistă a stărilor viitoare posibile, dorite și adecvate, ale dezvoltării sociale;

— *dimensiunea participativă* — elementul esențial, care concentrează valorile tuturor părților implicate în procesul de evoluție, asigurînd condiția ca dinamica socială să fie o rezultantă a proiectării colective de sisteme și procese dinamice cu caracter evolutiv; aici se compun cele două întrebări emise de E. Jantsch** *„a ști cum"* și *„a ști de ce"* cu *„a ști încotro"*, care constituie punctul de plecare al proceselor de proiectare participativă și se referă la scopurile generale ale dezvoltării, stabilind identitatea specifică fiecărei evoluții sociale.

În § 4 s-a prezentat definiția tehnologiei formulată de G. M. Dobrov, din care rezultă modul sistemic și logic în care tehnologia este privită ca un mod de acțiune umană (v. și definiția lui M. Drăgănescu în

---

* A. Vasilescu. Viața Economică, nr. 34 și nr. 35, 1981.

** E. Jantsch. Prognoza Tehnologică. București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1972.

aceeași idee și punctul de vedere afirmat de H. Handerson* n.a.) care are în vedere procesele fizice, biologice și sociale pe baza cărora se determină cele trei tipuri de bază ale tehnologiilor contemporane. Pentru ca aportul științei și tehnicii în dezvoltarea socială să fie maxim, nenociv, neîntrerupt și rațional utilizat, mulți cercetători ai fenomenului au evidențiat necesitatea cunoașterii componentelor acestei dezvoltări și anume resursele, mijloacele și obiectivele, consacrînd acestui fenomen denumirea de tehnologie de cunoaștere științifică, sector quaternar al societății.

Într-un material** în care se referea la inteligența artificială, și anume la caracterul interdisciplinar al acesteia, pe care-l considera echivalent cu o „știință cognitivă" M. Malița face următoarea apreciere: „Știința cunoașterii concepută pentru scopul transpunerii pe mașină, este unul și același lucru cu inteligența artificială. Ea (știința cunoașterii n.a.) este *o coaliție de științe* sau domenii ale gîndirii omenești:

— matematica (logica matematică);
— filozofia (epistemologia);
— lingvistica (cunoașterii și învățării, mecanismele memoriei);
— științele tehnice (exprimate concis și concentrate în robotică).

Referindu-se la conceptul de dezvoltare tehnologică G. M. Dobrov privind problema din punctul de vedere al procesului de conducere al sistemului social, consideră necesare trei nivele de interpretare și analiză, ale dezvoltării tehnologice și anume:

— nivelul schimbării tehnologice;
— nivelul avansului tehnologic;
— nivelul progresului tehnologic,

pentru care prezint și o schemă în fig. 4.6 în care se evidențiază atît legătura dintre aceste trei nivele cît și domeniile în care se manifestă.

Încheind aceste foarte scurte considerații, rezultă că dezvoltarea tehnologică cuprinde un ansamblu de schimbări de natură tehnologică din societate care evidențiază rezultatele obținute ca urmare a contribuțiilor aduse de știință și tehnică.

NIVELUL	Cercetare Dezvoltare Producția Adaptarea noilor tehnologii	Politica de dezvoltare a științei și tehnologiei	Politica generală și economică
I	Schimbări tehnologice		
II	Avans tehnologic		
III	Proces tehnologic		

Fig. 4.6. Schema legăturilor dintre nivele și domenii.

* Cunoașterea umană este aplicată la rezolvarea problemei umane. Science and Technology: the revolution from Hardware to Software, Technology Forecast Soc. Change 12, 1978.

** Tendințele inteligenței artificiale. În: Contemporanul, nr. 2/27.12.1985.

Ingineria tehnologică

„Scurtarea drumului între știință și producție înseamnă perfecționarea mijloacelor de comunicație între oamenii de știință și inginerii din producție. Înseamnă crearea unui lanț lung de oameni cu dublu profil, de oameni care cu un ochi să se uite la progresul științific și cu celălalt la cel de producție".

Gr. Moisil

După părerea mai multor specialiști, ingineria tehnologică este activitatea desfășurată sistemic, pe baza rezultatelor cercetării științifice, care prin documentații tehnice și proiecte tehnologice contribuie la inovarea în realizarea unor produse și tehnologii, în procesul dezvoltării tehnologice, prin creșterea nivelului tehnic și calitativ, și creșterea producției industriale și a eficienței economice. Și oamenii de știință, cadre didactice din învățămîntul superior și ingineri cu mare experiență din cercetare, proiectare și producție români au abordat această problemă și au adus reale și utile contribuții la fundamentarea românească a acestui concept, astfel:

Prof. dr. ing. Tr. Sălăgean* aprecia că ... „a face inginerie tehnologică înseamnă ca în fiecare reper ce se naște pe planșeta proiectantului să fie considerată gîndirea despre cum va fi realizat el în condițiile de maximă eficiență și cu cele mai înalte performanțe ...".

Inginerul I. Crișan** consideră că „date fiind complexitatea produselor de realizat, volumul mare de soluții posibile și costurile ridicate ale materialelor și utilajelor tehnologice și ale energiei ce se consumă în procesele tehnologice, este nevoie și de o *cercetare tehnologică* în scopul conceperii, realizării și experimentării de metode tehnologice ...".

Ca o concretizare a aplicării acestui concept, institutele noastre poartă denumirea de „institute de cercetare științifică și inginerie tehnologică***" , avînd în atribuțiile lor sarcini precise în acest sens.

În continuare, vom prezenta cîteva dintre direcțiile de acțiune ale ingineriei tehnologice, fără a avea pretenția că sînt infailibile, dar cu dorința de a incita pe colegii de profesie să intervină cu noi păreri care cu siguranță există și care vor contribui la fundamentarea acestui concept, în noile condiții de progres și civilizație tehnologică, în cadrul general fertil în care știința și tehnologia românească se manifestă în lume.

Direcțiile de acțiune menționate trebuie:

— să asigure produse cu performanțe ridicate, competitive cu cele ce se realizează pe plan mondial;

— să elaboreze tehnologii noi care să valorifice superior și cît mai economicos resursele de materii prime și energetice;

— să se ajungă la folosirea metalului în procent de 85—90%;

---

* Era socialistă, nr. 4/1977.

** Tehnologia ca sistem, București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1980.

*** Noțiunea de inginerie tehnologică a fost menționată pentru prima dată în Decretul 552/31.12.1978 „Privind unele măsuri pentru îmbunătățirea organizării M.I.C.M. și a activității de producție, cercetare științifică, inginerie tehnologică și de proiectare în unitățile ministerului".

— să asigure perfecționarea permanentă a produselor și tehnologiilor aflate în fabricație curentă;

— să asigure realizarea unor utilaje și a unor echipamente de înaltă tehnicitate;

— să asigure tehnologii, utilaje și echipamente pentru reutilizarea deșeurilor;

— să asigure măsuri de scurtare a ciclului cercetare—proiectare—producție;

— să asigure un sistem unitar și operativ de informare și de documentare tehnico-științifică asupra celor mai bune realizări pe plan mondial;

— să utilizeze programe complexe, rod al integrării organice a învățămîntului cu cercetarea și cu producția.

Realizarea practică a acestor principale deziderate revine cercetătorilor și inginerilor tehnologi care încă „de la prima linie trasă pe planșetă" trebuie să aibă în vedere o serie de cerințe pe etape pînă la utilizarea sigură și eficientă a produsului de către beneficiar.

În acest context este necesară:

a. Cunoașterea profundă a concepției și fluxurilor tehnologice de fabricație, a parametrilor, utilajelor și instalațiilor tehnologice necesare.

Saltul realizat în construcția de mașini din R.S.R. prin trecerea de la schema „convențională" a unităților structurate în sectoare specializate în funcție de procesul tehnologic (prelucrare prin frezare, strunjire, sudare, montaj etc.) la organizarea în „sisteme de fabricație" specializate în producția unor repere sau grupe de piese și ansamble similare din punct de vedere tehnologic, care asigură: înlocuirea a 4—5 mașini universale cu o mașină specială sau specializată; economisirea unor suprafețe de producție; creșterea productivității muncii; creșterea calității produselor; mecanizarea și automatizarea montajului — pentru reducerea manoperei mari la această operație; proiectarea minuțioasă a tehnologiei de control tehnic la fel ca și a tehnologiei de fabricație; studierea tehnologiilor de fabricație a produselor, în paralel cu proiectarea și experimentarea prototipurilor produselor respective, astfel ca, o dată cu omologarea produselor noi, să fie definitivate și principalele complexe tehnologice.

b. Extinderea răspunderii cercetătorilor și proiectanților dincolo de limitele laboratorului de cercetări și atelierului de proiectare. Cercetarea și proiectarea nu se consideră încheiate decît în momentul în care produsul și tehnologia au fost însușite efectiv în producție, pentru care sînt necesare o serie de măsuri, dintre care menționăm:

— crearea în institute a fluxului continuu cercetare—producție tehnologică—aplicare industrială;

— creșterea capacităților de execuție ale institutelor;

— asistența tehnică la punerea în funcție a unor capacități de producție și la pregătirea de fabricație prin participarea institutelor la proiectarea unor tehnologii specifice, a SDV-urilor, a standurilor de probe etc.

Unele particularități ale proiectării contemporane

În continuare, prezint cîteva considerații privind modul cum trebuie privită proiectarea în contextul ingineriei tehnologice.

Proiectarea este un proces inductiv și creator care începe în gîndirea unui om, utilizează o selecție a ideilor primare, creează componente

noi sau factologice ale unui proces între idei cunoscute şi componente disponibile. Realizează o sinteză care răspunde unui număr de criterii cunoscute şi existente. În cele mai multe cazuri proiectarea detaliată şi testarea conduc la cercetarea de sistem şi la „ştiinţa pe termen lung".

De asemenea, proiectarea pentru producţia de produse fizice conduce la „cercetarea de proces", prin care pot fi modificate proprietăţile fizice pentru ameliorarea calităţii şi performanţelor unui produs.

Tabelul 4.1. **Domeniile actuale şi de perspectivă ale tehnologiei**

	Microinginerie	Macroinginerie	Inginerie globală
Tehnologii mecanice	Robotica	Sisteme sociotehnologice de producţie, transport, distribuţie Sisteme urbanistice, de locuit, amenajarea teritoriului	Tehnica spaţiului circumterestru
Tehnologii informaţionale	Inteligenţa artificială Microelectronica, optoelectronica şi optronica	Inteligenţa socială, sistem informatic naţional (reţea de calculatoare, de transmisie de date), servicii telematice pentru populaţie	Inteligenţa globală, sistemul informatic şi audiovizual al O.N.U. (UNESCO)
Tehnologii energetice	Fuziunea termonucleară Diverse surse noi de energie	Managementul sistemic al energiei	Captarea energiei solare în spaţiul circumterestru
Tehnologiile materialelor	Polimeri, materiale compuse cu polimeri Noi materiale electronice şi optice	Reciclarea materialelor Explorarea resurselor minerale sărace şi a celor adînci din scoarţa şi mantaua terestră	Exploatarea resurselor minerale ale oceanelor
Biotehnologii	Ingineria genetică	Sisteme agricole, silvice şi zootehnice Sisteme bioindustriale, industria proteinelor Sisteme medicale	Sistemul ecologic societate-mediu
Tehnologii pentru dezvoltare	Tehnologii adaptate pentru industria mică rurală	Sistemul dualismului tehnologic	—
Tehnologia economiei	Sisteme informatice pentru gestiune, fără hîrtie Măsurarea muncii	Moneda electronică	—

În afara cunoştinţelor generale, a cunoştinţelor de specialitate, a deprinderilor practice şi a aptitudinilor de a crea, inginerul are nevoie de cunoştinţe din domenii complexe, de conducere, organizare, juridice, sociologice, economice, psihologice etc.

Pentru activitatea de cercetare, în afara celor menţionate, specialistul trebuie să aibă şi calităţi personale, cum sînt: originalitatea, nonconformismul, cutezanţa, tenacitatea, independenţa în gîndire, flexibilitatea şi capacitatea de restructurare, iar pentru inginerie tehnologică trebuie să posede în plus cunoştinţe economice care, compuse raţional cu cele ştiinţifice şi tehnice, să-l conducă la conceperea unor produse şi procese a căror utilitate practică (satisfacerea cerinţelor beneficiarului) să permită o rentabilitate ridicată în fabricaţie (satisfacerea furnizorului).

Sugerez, ca în pregătirea sa, inginerul să-şi adjudece cunoştinţe de analiza şi ingineria valorii — ambele procedee orientate către realizarea funcţiilor unui produs, proces sau serviciu cu un cost minim, fără a afecta calitatea, fiabilitatea, performanţele şi condiţiile de livrare. În mod particular, ingineria valorii se constituie ca un procedeu sistematic orientat către eliminarea costurilor nejustificate din orice produs, proces, sau serviciu, costuri nejustificate, ale căror cauze pot fi:

— ineficienţa activităţii de conducere a analizelor;
— aplicarea necorespunzătoare a consideraţiilor privind utilizarea produselor;
— slăbiciuni umane;
— influenţe exterioare.

Concluzii

În încheiere prezint, pe baza compunerii, prelucrării şi interpretării mai multor puncte de vedere ale unor specialişti şi extrase din lucrări de specialitate, un tabel cu domeniile actuale şi de perspectivă în care va evolua tehnologia (tabelul 4.1).



5

Reducerea consumurilor energetice la instalațiile de protecția suprafețelor prin vopsire

Ing. *Dan Popovici*

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcțiilor de Mașini I.C.T.C.M.

Între consumatorii mari de energie din industrie, după forjă și tratamente termice, se situează instalațiile complexe de vopsire echipate cu ventilatoare și pompe antrenate de motoare însumînd mii de kilowați putere instalată și, necesitînd, în același timp, un consum de energie calorică pentru realizarea proceselor tehnologice, de ordinul zecilor de Gcal/h.

În vederea reducerii raționale a acestor consumuri, încă din faza de concepție, atît a tehnologiilor cît și a utilajelor ce constituie liniile tehnologice de vopsire, tehnologul și proiectantul de utilaje și tehnologii trebuie să fie preocupați să prevadă materiale, tehnologii și utilaje cît mai puțin energo-intensive.

De asemenea, în timpul execuției, depozitării și montajului, trebuie respectate caietele de sarcini, din proiectele utilajelor, iar după darea în exploatare, instrucțiunile de folosire și funcționare, nerespectarea acestora avînd repercusiuni negative și asupra consumurilor energetice.

Este convingător în acest sens să menționăm că în cazul unui cuptor tip cameră, pentru temperatura de 250±5°C, cu circulația forțată a aerului, echipat cu două generatoare de aer cald încălzite cu rezistențe electrice, însumînd 300 kW, datorită unei proaste execuții, a unui montaj defectuos și a unei izolații termice necorespunzătoare, atît a generatoarelor, cît și a carcaselor izolante, 2/3 din puterea instalată, era disipată prin pierderile de aer cald. După remedierile izolației termice și a neetanșeităților, pierderile calorice s-au redus și cuptorul a realizat temperatura de funcționare în limitele impuse de caietul de sarcini.

Depozitarea necorespunzătoare a panourilor izolante, ce formează carcasele cuptoarelor, în spații descoperite, supuse intemperiilor și în special ploilor, face ca să se taseze și să se deterioreze izolația termică, ceea ce duce, după montarea acestora, la apariția zonelor fierbinți pe carcasa izolantă și, implicit, a pierderilor de căldură.

De asemenea este edificator să menționăm faptul că, nerespectarea prescripțiilor din caietele de sarcini, privind curentul nominal al motoarelor electrice ale ventilatoarelor cabinelor de vopsire, din cadrul unei linii complexe de vopsire a autoturismelor, poate să ducă la încărcarea suplimentară a transformatorului electric ce alimentează linia, cu o putere de cîteva sute de kW.

După menționarea numai a cîtorva defecțiuni ce pot apărea în cursul execuției, depozitării și montajului, defecțiuni ce pot sugera luarea la timp a măsurilor de prevenire, se analizează modalitățile de reducere a consumurilor energetice, pe baza analizei critice a consumurilor specifice

Tabelul 5.1. **Consumurile specifice ale utilajelor ce intră în componența unei linii convenționale de vopsire**

Denumirea utilajelor	Consum specific kg cc*/kg·h	
	Minim	Maxim
Agregat de pregătire	0,230	0,470
Cabine de vopsire — vara	0,115	0,150
Cabine de vopsire — iarna	0,230	1,2
Tunele de uscare	0,190	0,6
Total consumuri (vara)	0,535	1,22
Total consumuri (iarna)	0,650	2,27

* cc — combustibil convențional.

de energie, folosită la exploatarea diferitelor tipuri de utilaje ce formează o linie convențională de vopsire.

Materialul nu are un caracter exhaustiv, domeniul abordat fiind foarte vast, dar se va căuta să se traseze direcțiile în care trebuie acționat pentru reducerea judicioasă a acestor consumuri.

În tabelul 5.1 sînt date consumurile specifice pentru utilajele de bază se intră în componența unor linii de vopsire pentru produse de serie mare (35 caroserii/h), serie mijlocie (10 caroserii/h) și pentru liniile de vopsire piese mici, subansambluri și combine montate (pentru o întreprindere de mașini agricole).

Aceste consumuri specifice au fost calculate prin însumarea tuturor consumurilor în exploatare (transformate în kg combustibil convențional) pentru: antrenarea atît a ventilatoarelor și pompelor cît și a consumurilor tehnologice (încălzirea soluțiilor, încălzirea aerului de compensare introdus în cabine, cît și pentru încălzirea cuptoarelor); acestea au fost raportate la productivitatea liniei în kg/h.

Din tabelul 5.1 rezultă că aceste consumuri variază în limite foarte largi, ele fiind dictate de tipul utilajului, tehnologia aplicată (temperaturile de lucru) și productivitatea liniei respective. Aceste valori au fost calculate pentru piesele cu pereți subțiri, ele fiind diferite pentru piesele turnate cu pereți groși, ultimele putînd fi determinate în același mod.

Interpretînd aceste valori se constată că pentru agregatele de pregătire, consumurile specifice maxime sînt aproximativ duble față de cele minime, acestea fiind dictate de temperaturile soluțiilor de degresare, spălare, fosfatare, iar pentru cabinele de vopsire în timpul verii, consumurile maxime sînt sensibil egale cu cele minime; pentru cabinele de vopsire, în timpul iernii însă, consumurile minime sînt duble față de cele minime în timpul verii, iar cele maxime din timpul iernii pot fi de 5 ori mai mari față de cele minime, aceasta fiind dictată de debitele mari de aer cald evacuate respectiv compensate, și de gradul de recuperare a căldurii din aerul evacuat; de asemenea, pentru tunelele de uscare consumurile specifice maxime pot fi de 3 ori mai mari față de cele minime, acestea fiind funcție de temperatura de încălzire și de debitul de aer eva-

cuat (respectiv introdus) pentru menținerea concentrației de solvent sub limita de explozie.

Ținînd seama că aceste consumuri specifice variază în limite foarte largi, la cabinele de vopsire și la cuptoarele de uscare, se analizează posibilitățile de reducere a lor, pentru utilajele de bază, din cadrul unei linii de vopsire, stabilindu-se, în primul rînd, factorii care influențează în mod deosebit aceste consumuri.

1. Reducerea consumurilor energetice la cabinele de vopsire

Calcularea debitului de aer evacuat, respectiv introdus. Pentru exemplificare, se vor face considerații asupra cabinelor de vopsire tunel, cu insuflarea verticală a aerului proaspăt și alimentarea cu piese în flux continuu.

Notîndu-se cu L și B, lungimea și respectiv lățimea interioară a cabinei, cu l și b lungimea și respectiv lățimea piesei, exprimate în metri și cu n, numărul de piese ce intră simultan în cabină, cu v, viteza aerului în m/s (v. fig. 5.1), debitul de aer Q va fi:

$$Q=(LB-lbn)v \ [\text{m}^3/\text{s}]. \quad (1)$$

Din expresia (1) rezultă că debitul de aer este direct proporțional cu produsul dintre suprafața netă a cabinei (suprafața totală interioară a cabinei din care se scade suprafața proiecției pieselor pe un plan orizontal) și viteza aerului.

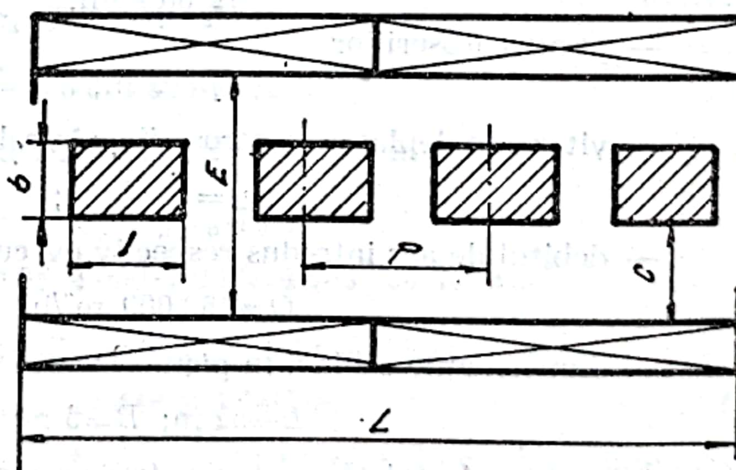


Fig. 5.1. Cabine de vopsire tip tunel, vedere în plan: L — lungimea interioară a cabinei; B — lățimea interioară a cabinei; b — lățimea piesei; l — lungimea piesei; c — lățimea spațiului de deservire; p — pasul pieselor (distanță între axele transversale ale pieselor).

Deoarece pentru o cabină cu deservire pe ambele părți ale piesei, lățimea B a cabinei este:

$$B=b+2c, \quad (2)$$

în care c este lățimea spațiului de deservire (1 400+1 500 mm). Din expresia (2) se vede că lățimea B, fiind dictată de lățimea piesei și spațiul de deservire, nu poate fi redusă pentru a micșora debitul de aer.

Lungimea L a cabinelor cu alimentare în flux continuu este

$$L=v_d \cdot t_{total} \quad (3)$$

în care v_d este viteza de deplasare a pieselor în m/min,

$$t_{total}=t_1+t_2+t_3+t_n, \quad (4)$$

în care t_1, t_2, t_3, t_n reprezintă timpi, în min, necesari pentru fiecare fază tehnologică, iar t_{total} — timpul tehnologic total, pentru executarea tuturor fazelor tehnologice.

Înlocuind valoarea lui L din (3) în (1), expresia (1) devine

$$Q=[(v_d \times t_{total})B-lbn]v. \quad (5)$$

Deoarece viteza de deplasare este dictată de productivitatea liniei de vopsire (în consecință este un parametru fix), iar ceilalți parametri B, b, l fiind de asemenea invariabili (dați prin temă), rezultă că debitul de aer este funcție de viteza aerului în cabina de vopsire și timpul total tehnologic necesar pentru efectuarea tuturor operațiilor în interiorul cabinei.

Pentru a scoate în evidență, influența mare pe care o au acești doi factori, asupra debitului de aer și, implicit, asupra consumurilor energetice, se va considera o cabină tunel pentru vopsirea finală a caroseriilor autoturismelor de teren, avînd următorul program de fabricație:

— dimensiunile pieselor

$$l=4{,}630 \text{ m}; \quad b=1{,}800 \text{ m}; \quad h=1{,}700 \text{ m};$$

— productivitatea

$$P=10 \text{ caroserii/h}; \ 4\,000 \text{ kg/h}; \ 500 \text{ m}^2\text{/h};$$

— cantitatea de solvent degajată în cabină

$$q=60 \text{ kg/h};$$

— pasul caroseriilor

$$p=6 \text{ m};$$

— viteza de deplasare a caroseriilor în cabină

$$v_d=1 \text{ m/min};$$

— debitul de aer introdus respectiv evacuat

$$Q=480\,000 \text{ m}^3\text{/h};$$

— dimensiunile cabinei în plan orizontal

$$L=52 \text{ m}; \quad B=5 \text{ m};$$

— puterea instalată pentru antrenarea pompelor și ventilatoarelor

$$P_{inst}=1\,220 \text{ kW}.$$

a. *Reducerea debitului de aer prin micșorarea vitezei aerului insuflat (evacuat).* În vederea calculării energiei consumate și a costurilor energiei în exploatare se determină: E_1, energia consumată pe oră pentru antrenarea pompelor și ventilatoarelor

$$E_1=1\,220 \text{ kW} \times 1 \text{ h}=1\,220 \text{ kWh}=402 \text{ kg cc}, \quad (6)$$

deoarece 1 kWh=0,33 kg cc.

Consumul caloric pentru încălzirea debitului de aer introdus în cabină în timp de iarnă E_2 este dat de relația

$$E_2 = \gamma Q(t_{cabină} - t_{min\ med})c \quad [kW], \tag{7}$$

unde $Q=480\,000$ m³/h$=133,5$ m³/s; $\gamma=1,3$ kg/m³ este greutatea specifică a aerului la 20°C; $t_{cabină}=22$°C temperatura aerului în cabină, impusă tehnologic; $t_{min\ med}=-5$°C temperatura minimă medie a aerului din exteriorul halei pe o perioadă de 1 000 ore de funcționare; $c=1$ [kj/kg grad] căldura specifică a aerului.

Rezultă:

$$E_2=1,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 133,5 \text{ m}^3\text{/s} \cdot (22+5) \text{ grd} \cdot 1 \text{ kj/kg grd} = 4\,650 \text{ kW} = 1\,640 \text{ kg cc/h} = 4 \text{ Gcal/h}.$$

Consumurile specifice vor fi:

— pentru antrenarea pompelor și ventilatoarelor

$$c_1 = \frac{E_1}{P} = \frac{402 \text{ kg cc/h}}{4\,000 \text{ kg/h}} = 0,1 \left[\frac{\text{kg cc}}{\text{kg}}\right], \tag{8}$$

unde $P=4\,000$ kg/h este productivitatea instalației;

$$c_2 = \frac{E_2}{P} = \frac{1\,640 \text{ kg cc/h}}{4\,000 \text{ kg/h}} = 0,41 \left[\frac{\text{kg cc}}{\text{kg}}\right]. \tag{9}$$

$$c_1 + c_2 = 0,1 + 0,41 = 0,51 \left[\frac{\text{kg cc}}{\text{kg}}\right].$$

Costurile în exploatare C_1+C_2. Pentru antrenarea pompelor și ventilatoarelor

$$C_1 = c_1 \cdot c_c \cdot f_1 \cdot P, \tag{10}$$

unde: $f_1=5\,600$ ore pe an, este fondul de timp pentru funcționarea instalației în trei schimburi; $c_c=2,95$ lei este costul unui kg cc; $C_1 = \frac{0,1 \text{ kg cc}}{\text{kg}} \cdot \frac{2,95 \text{ lei}}{\text{kg cc}} \cdot \frac{4\,000 \text{ kg}}{\text{h}} \cdot \frac{5\,600 \text{ ore}}{\text{an}} = 6\,608\,000$ lei/an.

Pentru încălzirea aerului iarna pentru un fond de timp f_2, de 1 000 ore/an,

$$C_2 = c_2 \cdot c_c \cdot P f_2;$$

$$C_2 = 0,41 \cdot 2,95 \cdot 4\,000 \cdot 1\,000 = 4\,838\,000 \text{ lei/an}.$$

Rezultă:

$$C = C_1 + C_2 = 6\,608\,000 + 4\,838\,000 = 11\,446\,000 \text{ lei/an}. \tag{11}$$

Calculul vitezei aerului în cabina de vopsire. În conformitate cu expresia (1) viteza aerului va fi:

$$v = Q/(LB - lbn)$$

unde: $Q=480\,000$ m³/h$=133,5$ m³/s;
$B=5$ m; $l=4,6$ m;
$L=52$ m; $b=1,8$ m;
$n=8,6$ bucăți;

$$Q = \frac{133,5 \text{ m}^3\text{/s}}{(52 \cdot 5) - (1,8 \cdot 4,6 \cdot 8,6) \text{ m}^2} = 0,71 \text{ [m/s]}.$$

Tabelul 5.2. **Viteza aerului în cabinele de vopsire cu flux de aer vertical**

Productivitate, m³/h	Viteza aerului, m/s	
	Pulverizare convențională	Pulverizare electrostatică
Mică*	0,3—0,4	0,15—0,2
Medie**	0,5—0,6	0,25—0,3
Mare***	0,7—0,8	0,35—0,4

* productivitate mică; $P<20$ m³/h;
** productivitate medie; $20<P<60$ m²/h;
*** productivitate mare; $P>60$ m²/h.

Viteza aerului calculată este conform cu tabelul 5.2 din (1).

Precizăm însă, că normele franceze [2] stabilesc ca vitezele aerului în cabinele de vopsire — cu insuflare verticală a aerului — măsurate în 10 puncte ale cabinei (v. fig. 5.2) trebuie să fie de min 0,4 m/s și în nici-un caz mai mică de 0,3 m/s, iar normele germane [3] prevăd o viteză de 0,5 m/s.

Luîndu-se în considerare aceste norme, determinările efectuate de atelierul de specialitate din ICTCM în ultimii ani și de faptul că vitezele mari duc odată cu creșterea debitelor de aer (implicit a consumurilor energetice), la pierderi suplimentare de vopsea (aspirată de ventilație), se propune micșorarea vitezelor în cabinele de vopsire, la valorile din Tabelul 5.3. Deci se propune pentru vopsirea produselor de serie mare (p>>60 m²/h) ca viteza în cabină să fie cuprinsă între 0,5 ... 0,6 m/s.

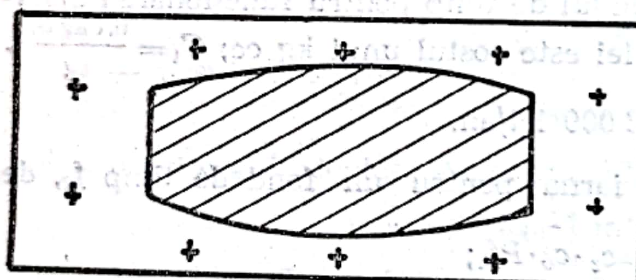


Fig. 5.2. Repartiția punctelor în care se face măsurarea vitezelor într-o cabină de vopsire a autoturismelor.

Tabelul 5.3. **Vitezele aerului în cabinele de vopsire cu flux de aer vertical**

Productivitate, m²/h	Viteza aerului, m/s	
	Pulverizare convențională	Pulverizare electrostatică
Mică*	0,3—0,4	0,15—0,2
Medie**	0,4—0,5	0,2—0,25
Mare***	0,5—0,6	0,25—0,3

* productivitate mică; $P<20$ m²/h;
** productivitate medie; $20<P<60$ m²/h;
*** productivitate mare; $P>60$ m²/h.

În cazul considerat, prin reducerea vitezei aerului de la 0,71 la 0,6 m/s, debitul de aer evacuat, respectiv introdus în cabină, precum și puterea instalată se vor reduce proporțional cu raportul $\frac{0,6}{0,71}$ deci $Q_2 = 480\,000 \frac{0,6}{0,71} = 406\,000$ m³/h$=112,5$ m³/s, iar $P_2 = P_{inst} \frac{0,6}{0,71} = 1\,030$ kW.

Refăcînd calculele, conform relațiilor (6), (7), (8), (9), (10), (11), rezultă o economie de 605 tcc/an respectiv 1,79 mil lei/an.

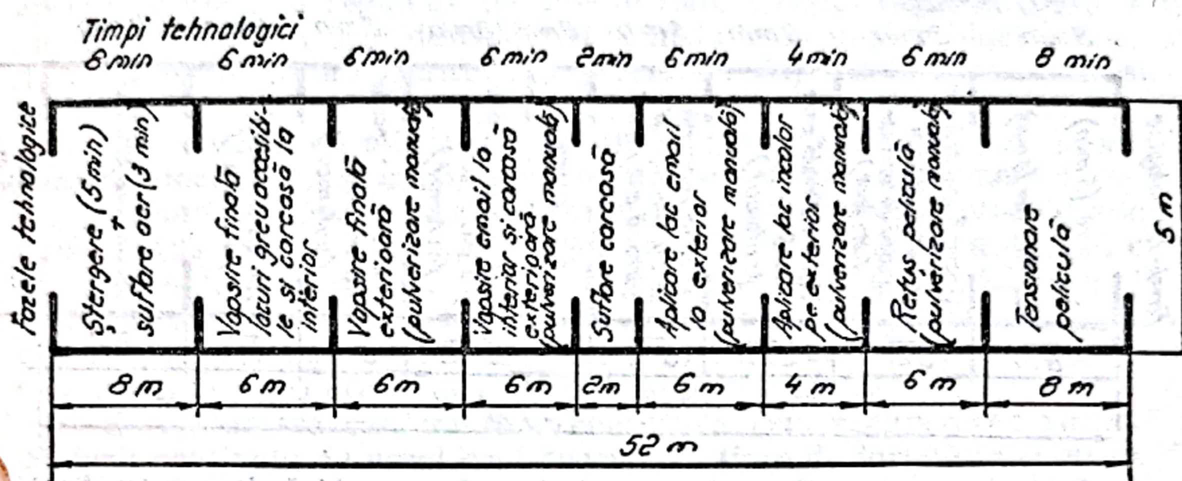


Fig. 5.3. Fazele și timpii tehnologici pentru o cabină tunel de vopsire finală

Deoarece toate liniile de vopsire a autoturismelor sînt echipate cu două tunele de vopsire (intermediară și finală), acestea avînd dimensiunile practic egale, economiile pentru o linie de vopsire dată se vor dubla. Deci prin reducerea vitezei aerului cu 15% se va realiza, pe o linie de vopsire, o economie de 1 210 tcc/an respectiv 3,58 mil lei/an.

b. *Reducerea debitului de aer prin micșorarea timpilor diverselor operații tehnologice.* În fig. 5.3 sînt indicate diversele faze tehnologice pentru cabina de vopsire finală considerată.

Pentru timpul total tehnologic de 52 min și viteza de deplasare a pieselor de 1 m/min, a rezultat lungimea cabinei de 52 m.

Prin aplicarea unor procedee tehnologice cu productivități mari față de vopsirea convențională ca: air-less, electrostatic air-less electrostatic, vopsire automată cu manipulatori sau roboți, timpii tehnologici se pot micșora substanțial.

De exemplu prin aplicarea vopsirii electrostatice, automate la fazele indicate în fig. 5.4 și a micșorării numărului posturilor de lucru, timpul tehnologic total se reduce la 39 min, respectiv lungimea cabinei pentru viteza de 1 m/min se reduce la 39 m.

În acest caz, puterea instalată și debitul de aer se vor reduce cu 25%, față de valorile stabilite în § anterior, adică $Q_3 = 84,375$ m³/s, iar $P_3 = 772,5$ kW.

Refăcîndu-se calculele conform relațiilor (6), (7), (8), (9), (10), (11) rezultă consumurile specifice:

$$c_{1,3} = 0,063 \text{ kg cc/kg}; \quad c_{2,3} = 0,259 \text{ kg cc/kg}$$

şi costurile în exploatare

$$C_{1,3}=C_{1,3}+C_{2,3}=7\,265\,000 \text{ lei/an.}$$

Faţă de valoarea $C=11\,446\,000$ lei/an (determinată anterior) rezultă o economie de 4,185 mil lei/an respectiv 1 410 tcc.

Considerînd ca şi înainte că, linia de vopsire este echipată cu două tunele de vopsire (intermediară şi finală), economia prin reducerea vitezei

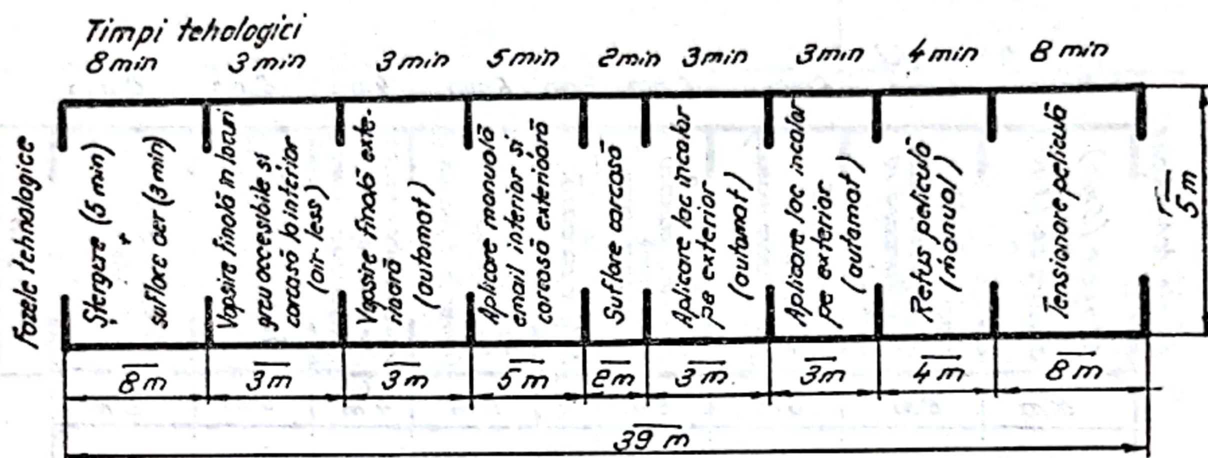


Fig. 5.4. Fazele şi timpii tehnologici reduşi pentru o cabină de vopsire finală.

de la 0,71 la 0,6 m/s şi scurtarea cabinelor de la 52 m la 39 m (prin introducerea unor tehnologii noi avansate) vor fi de 8,36 mil/lei/an, respectiv 2 820 tcc/an.

c. *Reducerea debitului de aer şi a puterilor instalate prin metode constructive. Cabine de vopsire pentru piese mari.* În cazul cabinelor de vopsire pentru piese de serie mică, dar cu gabarit mare, de exemplu rezervoare, construcţii sudate de gabarit mare etc., se recomandă secţionarea ventilaţiei pe zone de lucru, cu funcţionarea acesteia (atît de evacuare cît şi de introducere) numai cu secţiunea corespunzătoare zonei în care se lucrează. Acest sistem, este deja utilizat în ţară, la o serie de instalaţii date în funcţiune în urmă cu cîţiva ani, dar sistemul se poate îmbunătăţi, aplicîndu-se soluţia propusă de o firmă franceză [4].

Astfel, într-o cabină de 18 m lungime, au fost delimitate 6 zone de cîte 3 m. Fiecare zonă este racordată la cîte o tubulatură de introducere, respectiv la cîte o fosă de extracţie, racordată la ventilatoarele corespunzătoare, care funcţionează numai în zona în care se pulverizează vopseaua.

Prezenţa vopsitorului în zonă este detectată automat şi sînt comandate pneumatic clapetele montate pe tubulaturile de ventilaţie.

Pentru a se evita ca vopsitorul să lucreze într-o zonă neventilată, iluminarea secţiunii de lucru este condiţionată de ventilaţia acelei zone. Prin acest sistem, cu funcţionare a cîte două din cele 6 zone de ventilaţie, se face o economie de energie de 66%, debitul de aer insuflat, respectiv introdus, fiind de 36 000 m³/h faţă de 108 000 m³/h, cît ar necesita ventilarea întregii cabine.

Cabine de vopsire sau standuri de vopsire pentru PRODUCTIVI-TATE *medie* $20<P<60$ m²h. Se recomandă perfecţionarea şi extinderea sistemului de cabină NO-PUMP (fără pompă de recirculare a apei din

hidrofiltru) care se bazează pe fenomenul smulgerii unui strat de apă de la suprafaţa bazinului hidrofiltrului, datorită fenomenului de absorbţie-ejecţie provocat de un curent de aer de circa (30—60) m/s (100÷200 km/h) şi schimbărilor de direcţie succesive, ale amestecului de aer—particule de vopsea (cauzate de deflectoarele montate pe partea verticală a hidrofiltrului), care obligă apa cu particule de vopsea să recadă în hidrofiltru, iar aerul să fie evacuat în atmosferă.

Viteza aerului de 30—60 m/s este realizată printr-un obturator în dinţi de fierăstrău, a cărui margine inferioară este apropiată de suprafaţa apei, la o distanţă reglabilă de 35—70 mm. Nivelul apei din bazin este menţinut constant, prin deschiderea şi închiderea unui robinet comandat de un presostat, care controlează presiunea după deflectorul de distribuţie.

Este evident că eliminarea pompei de recirculare va duce la eliminarea motorului de antrenare şi, implicit, a consumurilor energetice.

Cabine de vopsire sau platforme de vopsire pentru productivitatea mică ($p<20$ m²). Se recomandă înlocuirea filtrării umede, a aerului evacuat, cu o filtrare uscată, prin filtre metalice sau de tip NETEX—Bistriţa, filtru care se îndepărtează după ancrasarea cu vopsea. Acestea avînd o rezistenţă în stare curată de cîţiva mm CA, ventilatoarele de exhaustare vor fi de mică presiune, respectiv de putere mică.

d. *Reducerea consumurilor energetice prin recuperarea parţială a căldurii conţinută de aerul cald evacuat în timp de iarnă din cabinele de vopsire. Recuperatoare cu lichid intermediar.* Căldura evacuată în timp de iarnă (pentru $t_{mediu}=-5$°C) din cabina tunel considerată este de 4 Gcal/h. În zilele geroase pentru —15°C, căldura evacuată va fi de 5,5 Gcal/h.

Pentru reducerea acestor pierderi, în instalaţia sus-menţionată şi la vopsitoriile de autoturisme montate în ţară, s-a utilizat sistemul de recuperare cu fluid intermediar, format din 2 grupuri de baterii de încălzire (schimbătoare de căldură), unul montat pe circuitul de evacuare a aerului cald (ce iese la temperatura de 22°C, temperatura tehnologică de lucru în cabine) şi altul montat pe circuitul de aer proaspăt, care se introduce în ca-

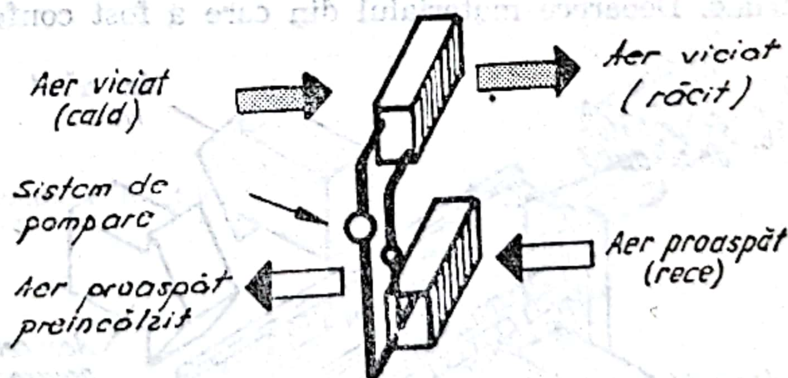


Fig. 5.5. Schema de principiu a unei instalaţii de recuperare a căldurii cu lichid intermediar.

bină. Aerul cald evacuat, predă o parte din căldură grupului de baterii prin care trece, căldura fiind preluată de lichidul intermediar (glicol), recirculat de un sistem de pompare, care o predă bateriilor montate pe circuitul de aer proaspăt, rece, care se introduce în cabină (v. fig. 5.5).

Se apreciază că acest sistem de recuperare lucrează cu un randament de 35—40%; deci numai pentru cabina de vopsire finală se poate

face o economie, în timp de iarnă, de 2,2 Gcal/h (pentru t_{ext}=—15°C) sau 1,6 Gcal/h (pentru $t_{ext\ med}$=—5°C).

Recuperatoare de căldură cu tuburi termice. INCERC—Bucureşti a realizat recuperatoare de căldură cu tuburi termice care au dat bune rezultate. Bateriile clasice cu aripioare sînt înlocuite cu baterii echipate cu tuburi termice. Un tub termic (v. fig. 5.6) este o incintă tubulară ermetic închisă, al cărui perete interior este tapetat cu o structură capilară saturată de o mică cantitate de lichid [5].

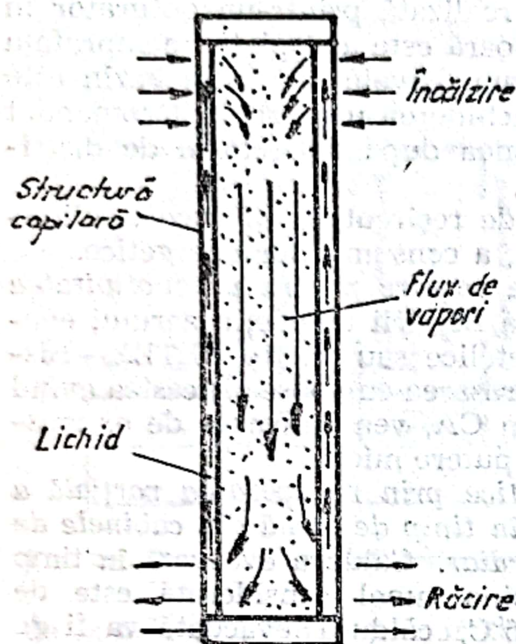


Fig. 5.6. Tub termic.

Dacă tubul este montat cu un capăt într-un curent de aer cald, iar cu celălalt într-un curent de aer rece, lichidul se evaporă în porţiunea încălzită, vaporii se condensează în porţiunea răcită a tubului, iar condensul se reîntoarce către porţiunea încălzită prin capilaritate.

În fig. 5.7 şi 5.8 se arată un schimbător de căldură cu tuburi termice şi modul de implementare a acestuia, pe conductele de aer cald evacuat şi aer proaspăt introdus.

Ţinînd seama că acest sistem de recuperare lucrează, conform determinărilor efectuate de INCERC, cu un randament de circa 65—75% se recomandă extinderea acestui sistem şi la instalaţiile de recuperare pentru cabinele de vopsire.

Recuperatoare de căldură rotative. Recuperatorul rotativ prezentat schematic în fig. 5.9 este format dintr-o masă poroasă rotativă, care poate absorbi căldura din curentul de aer cald şi o cedează curentului de aer rece. Şi acest sistem a fost realizat la INCERC şi asimilat de ICPAIUC—Bucureşti dar numai pentru recuperarea căldurii din aerul halelor industriale. Deoarece materialul din care a fost confecţionat rotorul (folii de

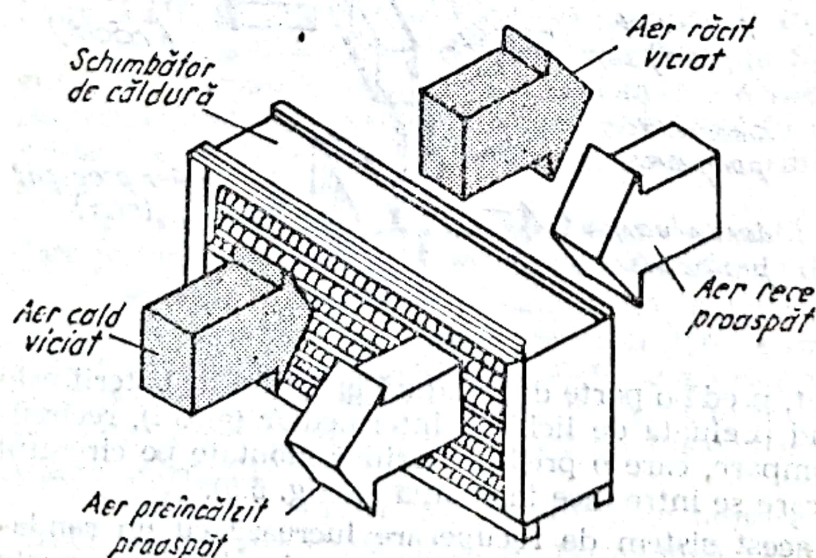


Fig. 5.7. Schimbător de căldură cu tuburi termice.

PVC ondulate) este atacat de solvenţii conţinuţi în aerul evacuat, s-au făcut experimentări, de către INCERC, cu un prototip (realizat la ICTCM) cu rotorul executat din folie subţire de aluminiu; rezultatele pînă în prezent nu sînt concludente.

Deşi recuperatorul rotativ lucrează cu un randament de circa 80%, are dezavantajul că necesită spaţii mari de montaj, diametrul rotorului

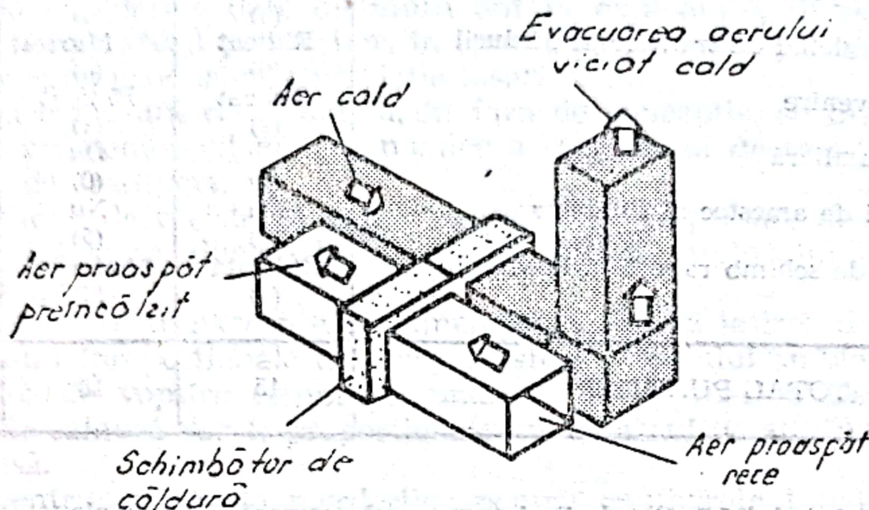


Fig. 5.8. Implementarea tuburilor termice într-o instalaţie de ventilaţie.

fiind proporţional cu debitele de aer, totuşi sistemul trebuie să constituie o preocupare pentru viitor, în special pentru vopsitoriile ce vehiculează debite mari de aer.

Pentru orientare, în alegerea sistemului de recuperare, în tabelul 5.5 sînt redate caracteristicile şi punctajul celor 3 tipuri de sisteme de recuperare.

Din tabelul 5.4, rezultă superioritatea performanţelor recuperatoarelor cu tuburi termice. Ţinînd seamă că volumul necesitat de schimbă-

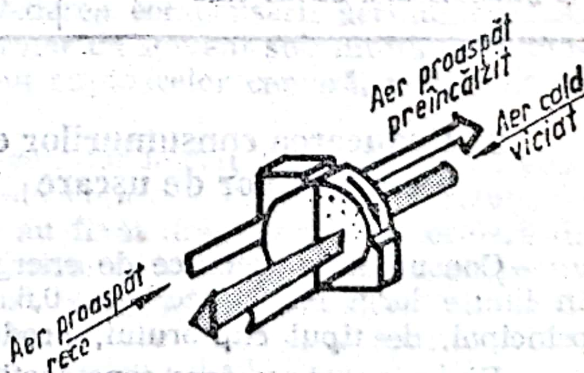


Fig. 5.9. Recuperator de căldură rotativ tip ECONOVENT.

toarele cu tuburi termice este aproximativ egal cu al schimbătoarelor de căldură echipate cu baterii clasice şi este cu mult mai mic faţă de volumul recuperatoarelor rotative, este necesar ca sistemul de recuperare cu tuburi termice, să se extindă cît mai curînd la instalaţiile de recuperare a căldurii înmagazinată de aerul cald, evacuat în timp de iarnă, din cabinele de vopsire.

Tabelul 5.4. **Performanțele recuperatoarelor**

Caracteristici \ Tip	Rotativ	Cu fluid intermed.	Cu tuburi termice
Pierderi de presiune	Moderate (3)	Mici (4)	Mici (4)
Coeficient global de transfer al căldurii	Ridicat (6)	Mic (4)	Ridicat (7)
Preț de revenire	Ridicat (2)	Ridicat (2)	Moderat (5)
Energie auxiliară	Da (0)	Da (0)	Nu (5)
Posibilități de amestec al fluidelor	Da (0)	Nu (5)	Nu (5)
Suprafața de schimb raportată la volum	Ridicată (4)	Moderată (3)	Ridicată (4)
TOTAL PUNCTAJ	15	18	30

Tabelul 5.5. **Pierderile în cuptoarele cameră și în tunele**

Sisteme \ Pierderi %	Cuptoare cameră	Tunele drepte	Tunele canopy
Încălzirea pieselor și sistemul de transfer	$w_1=10—15\%$	$w_1=15—25\%$	$w_1=15—30\%$
Evaporarea solventului și uscarea vopselei	$w_2=0{,}5—1\%$	$w_2=0{,}5—1{,}5\%$	$w_2=1—2\%$
Aerul cald evacuat și compensat cu aer proaspăt	$w_3=50—60\%$	$w_3=25—30\%$	$w_3=30—40\%$
Prin deschideri și neetanșeități	$w_4=0$	$w_4=15—20\%$	$w_4=0$
Prin carcasa izolantă a cuptorului și generatorului de aer cald	$w_5=20—25\%$	$w_5=20—25\%$	$w_5=20—30\%$

2. Reducerea consumurilor energetice a cuptoarelor de uscare

Consumurile specifice de energie ale cuptoarelor de uscare variază în limite largi 0,2 kg cc/kgh—0,6 kg cc/kgh, acestea fiind funcție, în principal, de tipul cuptorului, productivitatea și temperatura de lucru.

Din punct de vedere constructiv, în vopsitorii se utilizează cuptoare de uscare tip cameră și cuptoare tunel, sau tunele de uscare. Acestea din urmă pot fi drepte (cu perdele de aer la capete, pentru eliminarea pierderilor de căldură) sau tip spate de cămilă, denumite și „canopy" (un *u* întors cu cele două capete teșite).

În cele ce urmează, vor fi făcute cîteva sugestii, atît în ceea ce privește proiectarea constructivă, cît și cea funcțională, pentru reducerea acestor pierderi.

a. *Metode constructive*. În primul rînd, se vor utiliza panouri izolante corespunzătoare temperaturii maxime la care va lucra cuptorul, cu grosimi diferențiate în funcție de poziția pe care o are (pardoseală, tavan, pereți laterali, generator de aer cald).

Este de preferat, ca vata minerală (izolația clasică) să fie înlocuită cu pături de silan, acoperite cu folie de aluminiu (care are și rolul reflectării spre interior a radiației calorice).

Pentru cuptoarele date de mulți ani în exploatare, se recomandă măsurarea temperaturii panourilor, în special în partea superioară a carcasei și refacerea panourilor cu izolație tasată.

Tot ca o măsură constructivă, în faza de concepție, se insistă asupra unei dimensionări cît mai economice a scheletului de rezistență și a mijloacelor de transport.

Un schelet de rezistență masiv necesită un timp mare de încălzire, putere calorică mare, ducînd la întîrzierea intrării cuptorului în temperatura de regim.

Mijloacele de transport supradimensionate, după ieșirea din cuptor, degajă căldură (proporțională cu masa acestora) mediului ambiant, iar în cazul liniilor de vopsire complexe, unde se aplică mai multe straturi, pierderile de căldură vor fi proporționale cu numărul de straturi de protecție depusă.

Tot pentru reducerea pierderilor pentru cuptoarele tunel deschise la capete, se recomandă perdele de aer eficiente (circa 500 m^3/aer pe m^2 al siluetei de trecere), cu presiuni ale ventilatoarelor mai mari decît presiunea ventilatoarelor de recirculare aer cald.

Ori de cîte ori spațiul avut la dispoziție este suficient, se vor utiliza cuptoarele tip spate de cămilă, ale căror pierderi la capete sînt practic nule.

b. *Metode funcționale*. Analizînd în continuare pierderile de căldură, se constată că pierderile W_2, pentru evaporarea solventului și uscarea peliculei de vopsea, sînt neglijabile (de ordinul $1\div2\%$); acesta constituie paradoxul cuptoarelor și tunelelor de uscare, energia consumată pentru procesul efectiv de uscare al peliculei de vopsea fiind foarte mică.

În fig. 5.10 și tabelul 5.5 se observă că pierderile W_3 pentru încălzirea aerului proaspăt introdus, în vederea compensării aerului evacuat pentru menținerea concentrației vaporilor de solvent sub limita de explozie, sînt importante depășind, în cazul cuptoarelor cameră, mai mult de 50% din pierderile totale.

Deoarece pentru majoritatea solvenților folosiți în procesele de vopsire, limita superioară de explozie este cuprinsă între 0,88 și 2,76% în volume, toate normele internaționale au fixat drept limită superioară de explozie valoarea 0,80% în volume. Calculul debitului evacuat, respectiv de aer proaspăt introdus, se efectuează în principiu, transformînd cantitatea de solvent în volume și raportînd aceste volume, la spațiul (volumul) pentru care se face determinarea. Pentru calcule detaliate [6].

Precizînd că faza de evaporare maximă a solventului, în cuptoarele cameră, are loc în primele minute (fig. 5.11), unde sînt redate curbele de evaporare (pentru 90°C, 130°C și 160°C), deoarece 70% din solvent se evaporă, în primele 60 s și 90% în primele min, se recomandă folosirea pe scară largă a cuptoarelor cameră cu comandă program, realizate de ICTCM. Acestea au în funcțiune ventilatorul prevăzut pentru evacuarea solventului în primele 5 min de evaporare intensă (la începerea ciclului

de uscare) şi în ultimele 5 min la terminarea ciclului (pentru aerisirea cuptorului).

Firme străine [7] au realizat sisteme automate de menţinerea concentraţiei de solvent în interiorul cuptorului, sub limita de explozie, insuflînd aer proaspăt în cantităţi variabile în timp, funcţie de curba de vaporizare a solventului sau solvenţilor utilizaţi.

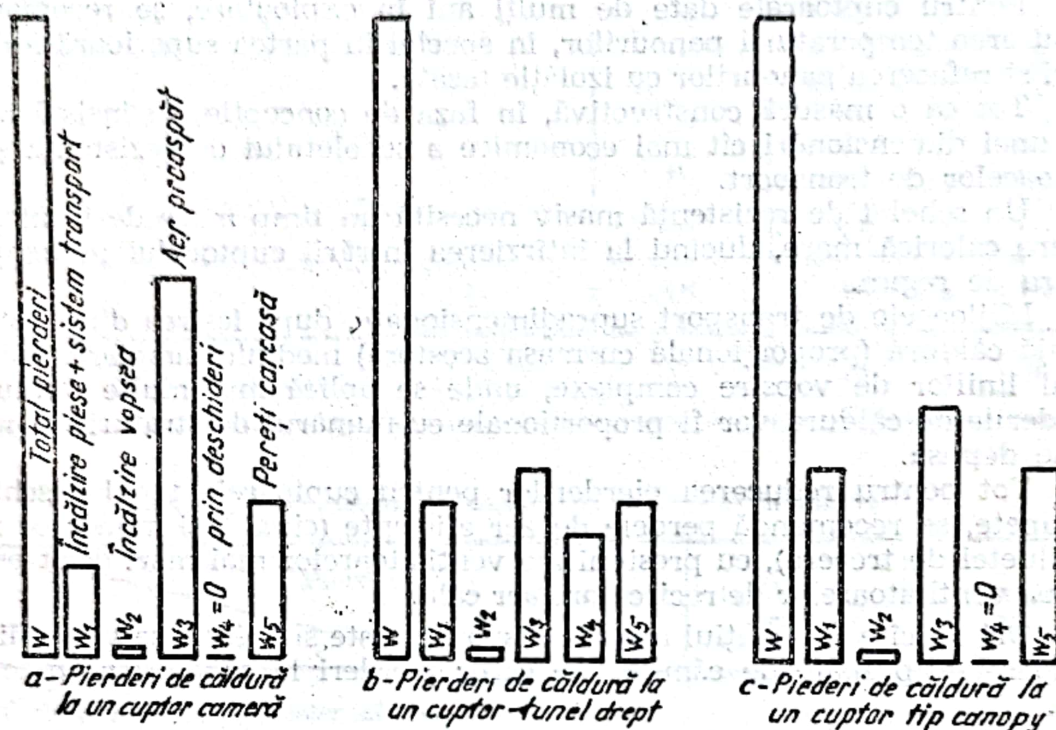


Fig. 5.10. Pierderile de căldură.

În cazul cuptoarelor tunel, evaporarea maximă a solventului se realizează în prima treime din lungimea tunelului (fig. 5.12).

De aceea se recomandă ca evaporarea noxelor, respectiv introducerea aerului proaspăt, să se facă în această zonă. Debitul de aer evacuat, în cazul acestor tipuri de cuptoare (deschise la capete) este mai mic, cal-

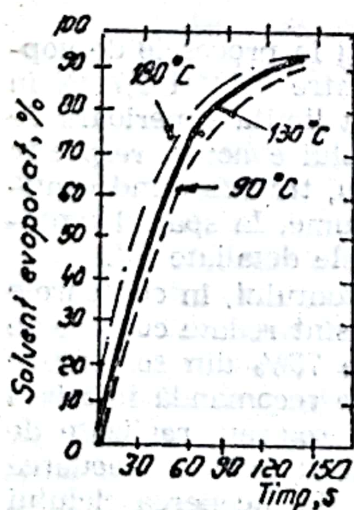


Fig. 5.11. Curbă de evaporare a solventului într-un cuptor cameră.

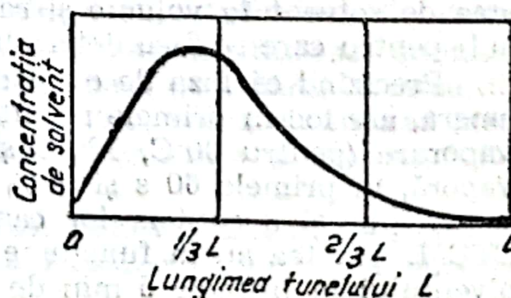


Fig. 5.12. Variaţia concentraţiei de solvent în cuptoarele tunel.

culul reducîndu-se la raportarea cantității maxime de solvent introdus în cuptor într-o secundă, exprimată în m^3, notată cu D, la concentrația maximă admisibilă în volume.

$$L = D/C_{ad}, \text{ unde } C_{ad} = 8 \cdot 10^{-3}.$$ Pentru detalii [6].

Pentru calcul simplificat, la cuptoarele tunel, trebuie evacuat un debit de 1 m^3 aer pe 8 g solvent evacuat.

S-a insistat asupra acestor determinări deoarece, în exploatare, sînt multe cuptoare tunel, date în funcțiune cu mulți ani în urmă, avînd debitele de aer evacuat mult prea mari față de necesar.

Prin reglajul șibărelor, aceste debite pot fi reduse la valori corespunzătoare.

Este demn de menționat cîteva posibilități de optimizare a cuptoarelor de uscare încălzite cu generatoare de aer cald cu gaz, și anume:

— reglajul arderii (amestec gaz-aer de combustie) pentru obținerea unui randament optim;

— evacuarea gazelor arse la o temperatură cît mai joasă și la debite minime;

— menținerea unei presiuni constante a gazului, prin regulatoare stabilizatoare de presiune;

— utilizarea unor arzătoare, sau instalații de ardere omologate, numai după obținerea unor buletine de încercări date de comisii autorizate.

c. *Recuperarea căldurii din aerul evacuat la cuptoarele de uscare.* Spre deosebire de cabinele de vopsire, la care se evacuează debite de aer mari (putînd merge la cîteva sute de mii de m^3/h și cabină) însă la temperatura de 20—22°C, la cuptoarele de uscare se evacuează debite de ordinul $(10^2 \div 10^3)$ m^3/h însă la temperaturi de $(100 \div 200)$°C.

Ca sistem de recuperare se utilizează în prezent, cu bune rezultate, sistemul de recuperare cu lichid intermediar (ca la cabinele de vopsire) cu baterii de încălzire-răcire din fabricația curentă, dar se recomandă ca, și la cabinele de vopsire, să se execute și să se implementeze bateriile cu tuburi termice avînd un randament mai bun.

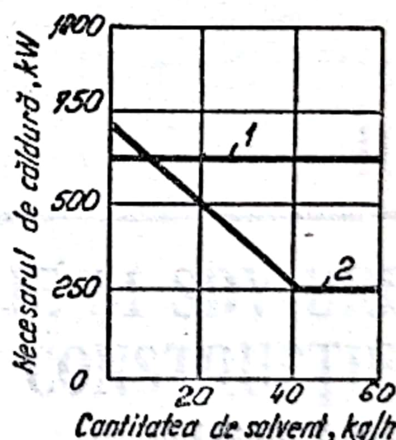


Fig. 5.13. Consumurile a două cuptoare de uscare: 1 — fără recuperarea energiei calorice a solventului; 2 — cu recuperare a energiei calorice a solventului.

În cazul tunelelor de uscare de mare productivitate, eliminîndu-se cantități importante de solvenți (min. 10—15 kg/h), devine rentabilă arderea acestor solvenți, înainte de a fi evacuați în atmosferă, aceștia avînd o putere calorică de (8 000—11 000) kcal/kg, și cedarea căldurii, obținute prin arderea solventului, aerului care se introduce în cuptor, pentru încălzirea pieselor.

În uscătoarele cu recuperatoare cu ardere catalitică a solventului prin arderea a (20—60) kg/solvent/h se recuperează circa $(230 \div 700)$ kW respectiv $(0{,}2 \div 0{,}6$ Gcal/h).

În fig. 5.13 sînt redate comparativ consumurile în kW, a două cuptoare de uscare: diagrama 1 pentru un tunel de uscare fără recuperare și diagrama 2, cu recuperare, prin arderea catalitică a solventului.

BIBLIOGRAFIE

1. Institutul de Cercetări Științifice pentru Protecția Muncii. *Normativ de Protecția Muncii*, Exploatare și Întreținere pentru vopsire — Indicativ V_{11}/1982—1983.
2. Galvano-Organo nr. 2, 1984 — *Le guide pratique de ventilation des cabines et des postes de peinture*, pag. 129.
3. Sischerheitslehrbrief für Spritzlakierer, Seite 13, Ausgabe 1965, Hanover.
4. Galvano-Organo nr. 5/1984, pag. 447—448 — *Cabines de peinture: la ventilation anti-gaspi.*
5. Chaud, Froid, Plomberis nr. 399, *Les echangeurs a caloducs dans les systemes de recuperation de chaleur*, D. Fet et C. Bilegan, pag. 76—80.
6. POPOVICI, D., *Materiale, tehnologii și utilaje pentru vopsire în industria construcțiilor de mașini;* București, Editura Tehnică, 1977.
7. Finishing; Novembre 1984; *Energy saving through exhaust monitoring.*

TM
CM

III

MAȘINI, UTILAJE ȘI SDV-URI. PROIECTARE, CONSTRUCȚIE, TIPIZARE

6

Alegerea structurii unor sisteme de manipulare de tip antropomorf

Ing. *Vladimir Cârdei*
Ing. *Nicolae Ștefan Popescu*
Ing. *Mihaela Ștefan*
Sing. *Marin Coman*

I.C.T.C.M. București

Avînd ca scop creșterea productivității muncii, prin reducerea timpului de manipulare a pieselor și îmbunătățirea condițiilor de muncă, în cadrul operațiilor de manipulare din procesele tehnologice de prelucrare, montaj, forjare, turnătorie, s-au impus structurile de manipulare în coordonate cilindrice, de tip antropomorf (care imită brațul omenesc), conduse de către operatorul ce deservește locul de muncă respectiv.

Dacă se face o comparație, luînd ca indicatori raportul dintre volumul de lucru și greutatea manipulatorului și raportul dintre greutatea manipulată și greutatea manipulatorului, manipulatorul de tip antropomorf are cel mai mare volum de lucru și greutate manipulată la aceeași greutate proprie, fapt ce a impus această structură, atît pentru manipulatoare, cît și pentru roboți.

În fig. 6.1 sînt prezentate două structuri cinematice de sisteme de manipulare tip antropomorf ale căror traiectorii sînt curbe în plan, structura de manipulare fiind de tip polar.

Structura cinematică din fig. 6.1, *a* este parțial deschisă, iar cea din fig. 6.1, *b* închisă, compusă din două mecanisme patrulatere, deplasarea

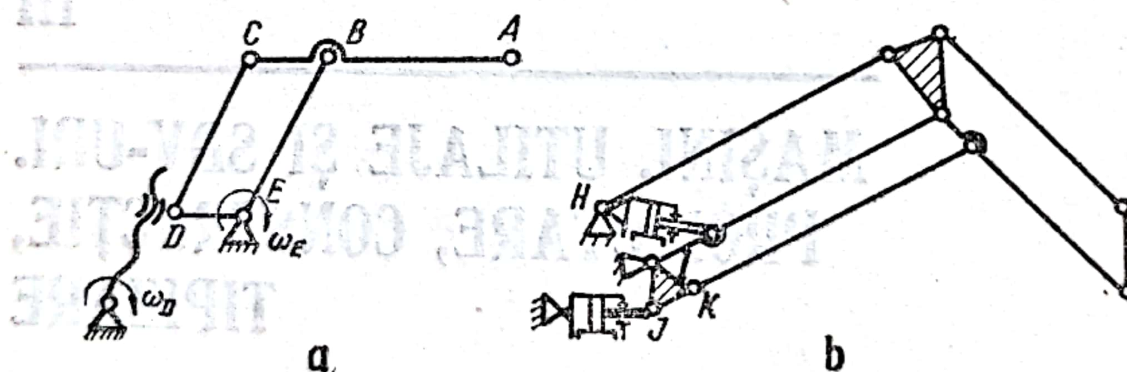


Fig. 6.1. Structuri cinematice cu traiectorii curbe plane.

brațului urmărind deplasarea mîinii operatorului printr-un sistem de comandă prin urmărire.

Trecerea prezentei structuri de la comanda prin urmărire dată de către operator la comandă automată, realizată de către un sistem de comandă, implică controlul deplasărilor între diversele puncte ale traiectoriei brațului, realizabil fie prin programare, fapt care complică struc-

tura sistemului de comandă, fie prin sisteme de compensare incluse în sistemul de acționare.

O cale de simplificare a structurii sistemului de comandă este dată de posibilitatea realizării unor deplasări rectilinii după două direcții perpendiculare prin utilizarea unor scheme cinematice de tip pantograf prezentate în fig. 6.2.

Avînd în vedere că simplifică sistemul de comandă și de acționare, structura de manipulare în coordonate cilindrice permite mai ușor trecerea de la manipulatoare conduse de operatorul uman la manipulatoare conduse cu automate programabile sau la roboți.

Sarcina este ridicată prin aplicarea forței P, care echilibrează greutatea G a acesteia (conform relațiilor din fig. 6.2). Ridicarea sarcinii se face pe o traiectorie rectilinie verticală. Deplasarea orizontală se face prin deformarea paralelogramului sub acțiunea forței H aplicată manual sau mecanizat. Aceste două mișcări adăugate rotației în jurul coloanei formează structura cilindrică de manipulare.

Analizînd relațiile prezentate în fig. 6.2, *a* se observă că, pentru ca forța de echilibrare P să nu depindă de unghiul de înclinare a brațului manipulatorului β, trebuie să fie respectată condiția

$$a/b=c/d,$$

ceea ce este echivalent cu condiția ca punctele A, D și F să fie coliniare.

În funcție de punctele în care se aplică forțele motoare, se pot obține mai multe scheme cinematice distincte (fig. 6.3). Schemele cinematice din fig. 6.3, *a* și 6.3, *b* funcționează ca mecanism pantograf, întrucît se observă că punctul A copiază traiectoria punctului F, respectiv E, la altă scară (k).

În fig. 6.3, *c* și 6.3, *d*, se observă că acționarea pe verticală se face în punctul D, respectiv F, iar pe orizontală în punctul F, respectiv D. În acest caz nu se poate obține același coeficient de amplificare pentru ambele direcții de mișcare. Avantajul acestor scheme cinematice este că forța se amplifică diferit pe cele două direcții. Pe orizontală forța utilă este mică datorită echilibrării mecanismului și deci nu deranjează un factor de amplificare mai mare pe orizontală decît pe verticală. Pe de altă parte, un factor mare de proporționalitate conduce la scăderea preciziei de poziționare.

Deci această interdependență necesită o optimizare în funcție de condițiile de funcționare concrete ale manipulatorului.

Structura cinematică se alege pentru un caz concret de proiectare ținînd seama de o serie de criterii de optimizare, dintre care, alături de cele menționate, mai fac parte: lungimea minimă a brațelor manipulatorului, unghiuri minime între brațe, posibilitatea unei echilibrări ușoare, forțe sub valorile admise în articulații în pozițiile extreme ale manipulatorului.

Se poate demonstra că structura cinematică în care brațele îndeplinesc relația

$$a+b=c+d$$

reprezintă varianta optimă pentru condiția de acoperire a unui domeniu cît mai mare, cu o lungime a brațelor cît mai redusă.

$$P = G\left(1 + \frac{1 + \frac{d}{b}\cos\beta}{1 + \frac{c}{a}\cos\beta}\right)$$

a

$$P = G\left(1 + \frac{b}{a}\,\frac{1 + \frac{d}{b}\cos\beta}{1 + \frac{c}{a}\cos\beta}\right)$$

b

Fig. 6.2. a și b

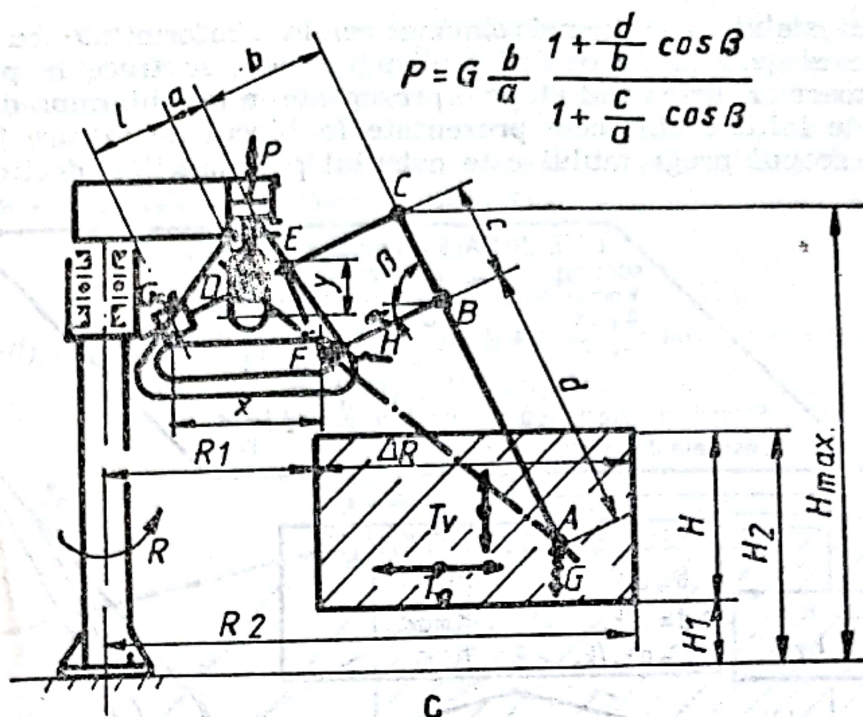


Fig. 6.2. Structuri cinematice cilindrice (G — sarcină, P — forță de echilibrare; G_{cg} — contragreutate; H — forță de acționare orizontală; a, b, c, d, l — lungimile brațelor).

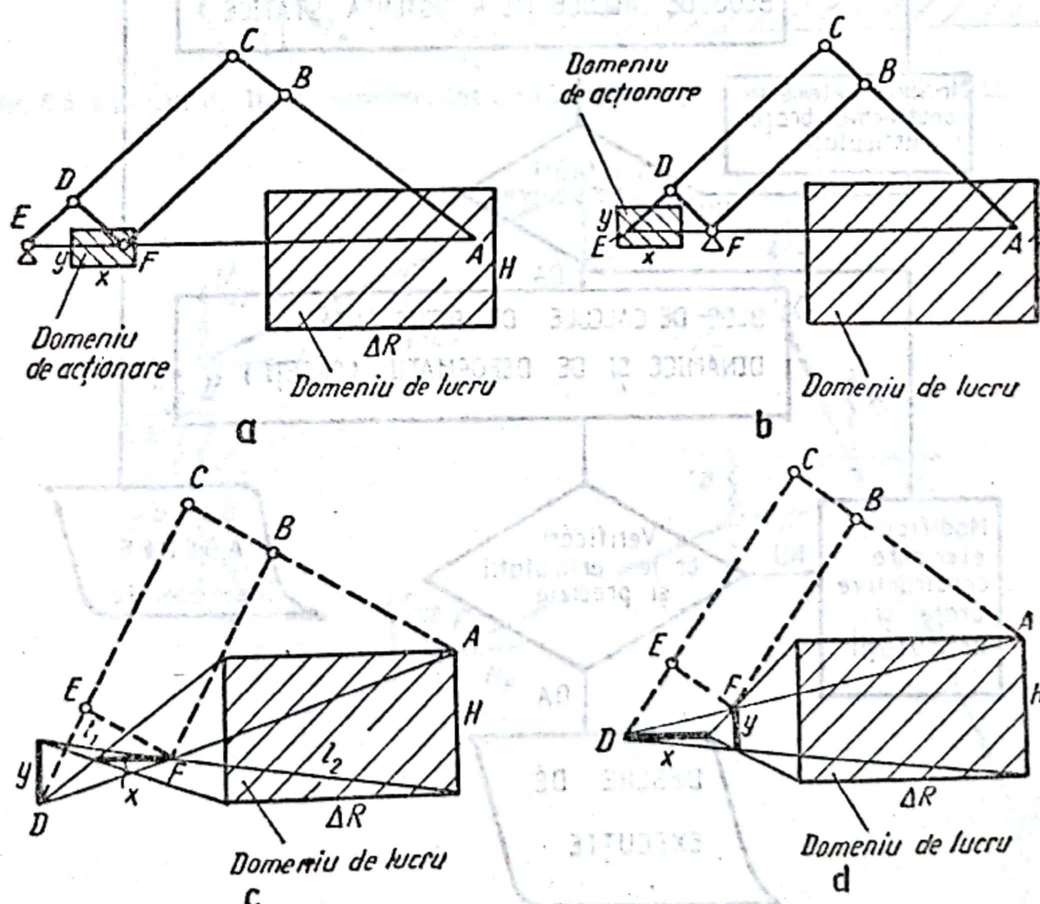


Fig. 6.3. Modalități de acționare ale unor structuri cinematice (x și y — cursele elementelor de acționare).

După stabilirea schemei cinematice, în conformitate cu diversele criterii de alegere şi de optimizare menţionate, se trece la proiectarea manipulatoarelor, urmărind etapele prezentate în organigrama din fig. 6.4.

Datele iniţiale sînt cele prezentate în blocul de intrare în schema logică iar scopul programului este calculul parametrilor, deci al cotelor.

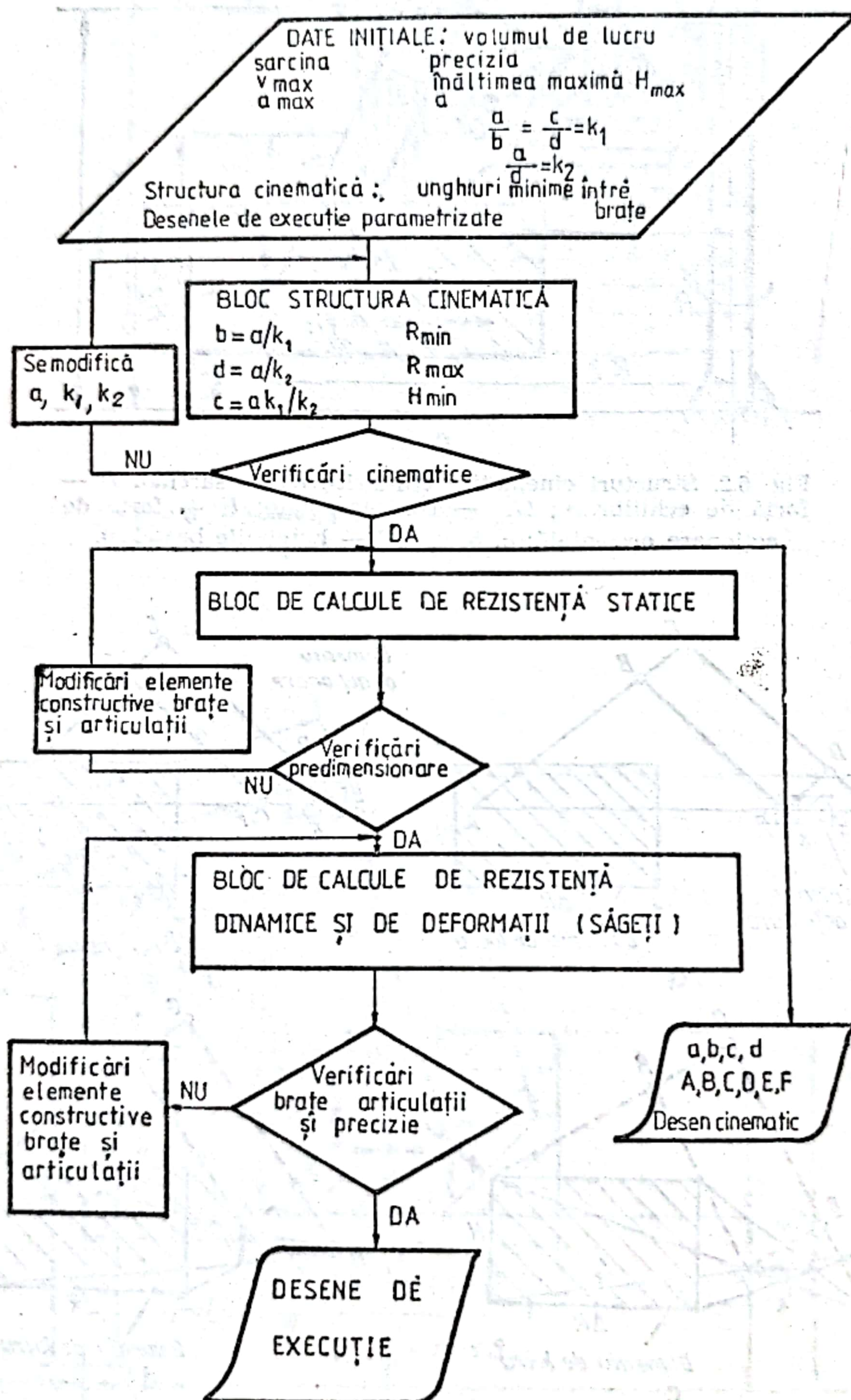


Fig. 6.4. Etapele în procesul de proiectare a manipulatoarelor.

În blocul de structură cinematică se determină brațele a, b, c, d și coordonatele punctelor, A, B, C, D, E, F, în fig. 6.5 fiind desenat cu calculatorul volumul de lucru acoperit pentru structura cinematică din fig. 6.2, b.

Pentru aceeași structură se evidențiază forțele din articulații în fig. 6.6 forțe explicitate în relațiile următoare:

$$H_C - H_B = 0;$$

$$V_C + V_B - G - G_{AC} = 0;$$

$$G(c+d)\cos\beta - V_B c\cos\beta - H_B c\sin\beta + G_{AC}\,[(c+d)/2]\cos\beta = 0;$$

$$H_B - H_E + H_F = 0;$$

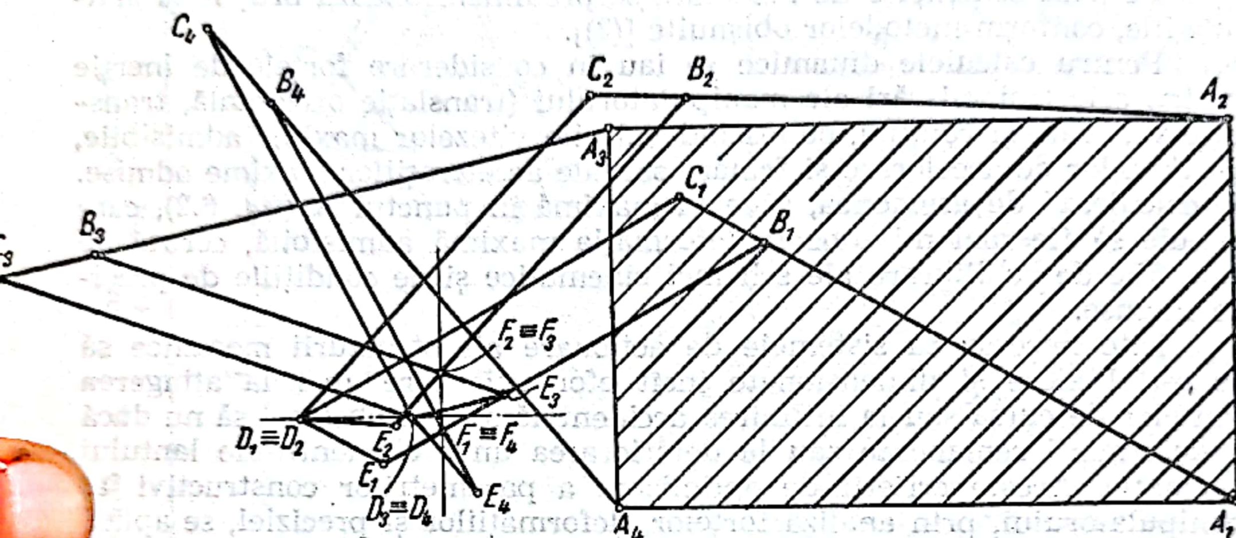


Fig. 6.5. Spațiul de lucru reprezentat de calculator pentru o structură dată.

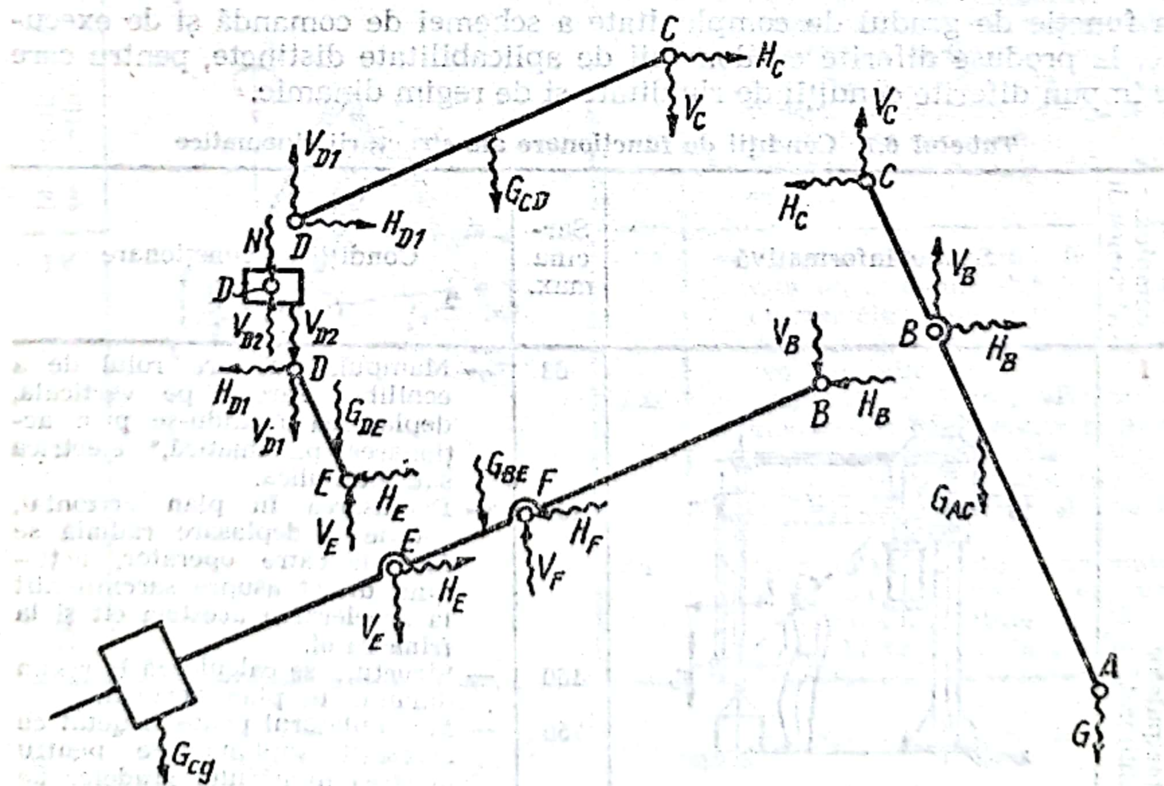


Fig. 6.6. Încărcarea brațelor și articulațiilor.

$$G_{BE}+V_E-V_F+V_B+G_{Cg}=0;$$
$$G_{Cg}\,l\cos\alpha+V_F\,a\cos\alpha-V_B(a+b)\cos\alpha-G_{BE}\,[(a+b-l)/2]\cos\alpha+$$
$$+H_F\,a\sin\alpha+H_B(a+b)\sin\alpha=0;$$
$$H_{D1}+H_E=0;\ V_{D1}+V_{D2}-V_E+G_{DE}=0;$$
$$H_E c\sin\beta-V_E c\cos\beta+G_{DE}(c/2)\cos\beta=0;$$
$$V_{D2}-N=0;\ H_{D1}+H_C=0;$$
$$V_{D1}-V_C-G_{CD}=0;$$
$$V_C(a+b)\cos\alpha+H_C(a+b)\sin\alpha+G_{CD}\,[(a+b)/2]\cos\alpha=0.$$

Pe baza schemelor de încărcare se predimensionează brațele și articulațiile, conform metodelor obișnuite [(2)].

Pentru calculele dinamice se iau în considerare forțele de inerție pentru cele trei mișcări ale manipulatorului (translație orizontală, translație verticală și rotație), cunoscînd valorile vitezelor maxime admisibile, ale timpilor de accelerare și frînare sau ale accelerațiilor maxime admise. Se calculează de asemenea, săgeata maximă în punctul A (fig. 6.2), care trebuie să fie mai mică decît deformația maximă admisibilă, cerută de condițiile de echilibrare ale schemei cinematice și de condițiile de precizie impuse.

Este necesar ca sistemele de acționare ale structurii mecanice să fie astfel alese și dimensionate încît eforturile care apar la atingerea limitelor de cursă sau la întîlnirea accidentală a unui obstacol să nu ducă la deformații remanente sau la deteriorarea unor elemente ale lanțului cinematic. Aceste criterii de optimizare a parametrilor constructivi ai manipulatorului, prin analiza forțelor, deformațiilor și preciziei, se aplică în funcție de condițiile concrete de lucru ale manipulatorului.

În tabelul 6.1 se observă că aceeași structură cinematică poate duce, în funcție de gradul de complexitate a schemei de comandă și de execuție, la produse diferite cu domenii de aplicabilitate distincte, pentru care se impun diferite condiții de rigiditate și de regim dinamic.

Tabelul 6.1. **Condiții de funcționare ale structurii cinematice**

Grad de complex. al comenzii	Schița informativă	Sarcina max.	Condiții de funcționare
I Manipulator echilibrat		63 100 160 250	— Manipulatorul are rolul de a echilibra sarcina pe verticală, deplasarea făcîndu-se prin acționarea pneumatică,* electrică sau hidraulică. — Deplasarea în plan orizontal, rotație și deplasare radială se face de către operator, acționînd direct asupra sarcinii atît la accelerarea acesteia cît și la frînarea ei. — Structura se calculează la regim dinamic în plan vertical. — Manipulatorul poate fi dotat cu accesorii suplimentare pentru mărirea numărului gradelor de mișcare.

Grad de complex. al comenzii	Schița informativă	Sarcina max.	Condiții de funcționare
II Manipulator comandat de operator		63 100 160 250	— Manipulatorul este condus de către operator de la un punct situat pe manipulator sau în apropierea acestuia. — Toate deplasările (pe toate gradele de mişcare) sînt asigurate de motoare acționate electric sau hidraulic. — Vitezele sarcinii sînt mai ridicate decît la gradul I, fapt care conduce la solicitări dinamice mai ridicate. — Structura se va calcula la regimul dinamic dat de funcția „STOP" în care deplasarea elementelor mobile trebuie să înceteze într-un spațiu dat fără să apară deformări reman.
III Manipulator cu comandă secvențială		63 100 160 250	— Manipulatorul este condus prin semnale de comandă date de la o unitate de comandă programabilă. — Acționarea poate fi electrică sau hidraulică. — Punctele de oprire din spațiu sînt date de limitatoare de cursă montate pe manipulator. — Rigiditatea structurii cinematice este mai mare decît la gradul II pentru a asigura precizia de poziționare necesară. — Regimul dinamic la fel ca la tipul II.
IV Robot		63 100 160 250	— Robotul este condus de o unitate de comandă dotată cu calculator electronic. — Acționarea poate fi electrică sau hidraulică. — Regimul de lucru, vitezele pe elementele de execuție și punctele de oprire, eventual traiectoria sarcinii sînt stabilite prin programul de lucru al robotului. — Rigiditatea structurii cinematice şi regimul dinamic se calculează pentru condițiile limită extreme la fel ca şi la gradul III.

* Acționarea pneumatică se face pînă la sarcina maximă de 250 daN.

R, R_1, R_2 — mişcare de rotație.
To — translație orizontală.
Tv — translație verticală.

În finalul programului se explicitează cotele desenelor de execuție cotate parametric, se alege scara de lucru și se poate trece la trasarea desenelor de execuție.

Metodologia descrisă mai înainte permite, prin analiza unuia sau mai multor criterii de optimizare din cele menționate, obținerea unei serii tipizate de manipulatoare adaptate condițiilor de lucru. În prima etapă s-au elaborat structuri pentru valorile sarcinii nominale de 63, 100, 160 și 250 kg, urmînd ca în viitor seria să fie extinsă și pentru valorile 400, 630 și 1 000 kg sau pentru valori sub 63 kg.

Pentru celelalte mișcări „locale" ale sarcinii de manipulat, care se execută cu module specifice montate pe brațul mobil al manipulatorului, calculul se desfășoară după aceleași principii din punct de vedere dinamic și de rigiditate, ținînd seama că soluțiile adoptate trebuie să aibă jocuri cît mai reduse, iar dispozitivul de prehensiune trebuie să nu permită deplasarea sau căderea piesei în cazul decelerațiilor mari, care apar la comanda „STOP".

Pentru deplasarea punctelor D și F pe cele două direcții se pot adopta două soluții distincte, și anume: aplicarea unor ghidaje sau folosirea unor mecanisme de ghidare aproximativă, care să preia mișcarea de rotație de la elementul de acționare și să asigure celor două puncte menționate o traiectorie aproximativ rectilinie.

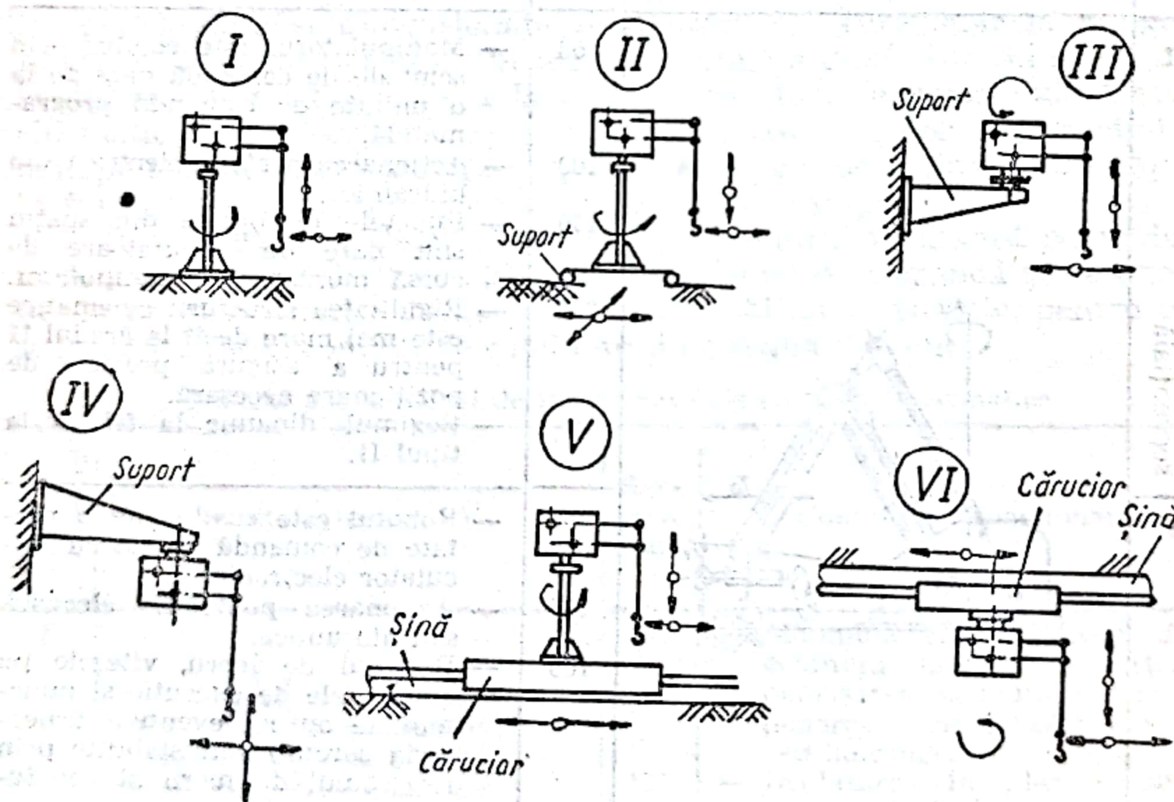


Fig. 6.7. Posibilități de amplasare a manipulatorului.

Această a doua variantă are avantajul eliminării ghidajelor, care sînt greu de protejat și care interzic funcționarea manipulatorului în medii cu praf, în cazul în care nu este asigurată protecția corespunzătoare.

În funcție de necesitățile concrete ale procesului de producție, manipulatorul cu gradul de complexitate I (v. tabelul 6.1) poate fi realizat în mai multe variante de fixare prezentate în fig. 6.7, cu mențiunea că po-

ziția cilindrului de acționare poate fi modificată pentru a nu influența spațiul de lucru, iar contragreutatea care echilibrează greutățile brațelor poate avea altă poziție sau poate fi înlocuită cu un arc pretensionat.

Abordarea unitară a calculului proiectării structurii cinematice antropomorfe analizate mai întîi pentru gradul de complexitate a comenzii I și II și apoi pentru III și IV va duce la realizarea unor sisteme de transfer eficiente, simple constructiv, cu un mare grad de modulizare, adaptate condițiilor variate de exploatare, mecanizare și de automatizare cerute de diversele procese tehnologice.

BIBLIOGRAFIE

1. KOVACS, F., COJOCARU, G. *Manipulatoare, roboți și aplicațiile lor industriale.* Timișoara, Editura Facla, 1985.
2. * * * STAS 8290-83. *Instalații de ridicat. Principii de calcul și proiectare pentru construcția metalică.*
3. USAGIDA, S. *Mecanism — macara hidraulică cu posibilități de acționare pentru a asigura o deplasare plan-paralelă amplificată.* Patent S.U.A., 1976.

7

Scule cu plăcuțe din carburi metalice sinterizate schimbabile reascuțibile

Ing. *Gheorghe Blîndu*

Întreprinderea de Construcții de Mașini Reșița

1. Generalități

Sculele cu plăcuțe din carburi metalice sinterizate (CMS) schimbabile nerecuperabile au cunoscut o dezvoltare deosebită în ultimele decenii. Această dezvoltare a fost motivată de următoarele avantaje:

— eliminarea tensiunilor interne existente la sculele cu plăcuțe lipite;

— folosirea unui singur corp de sculă la un număr mare de plăcuțe, ceea ce la sculele cu plăcuțe lipite nu este posibil;

— reducerea timpului pentru schimbarea sculelor, întrucît suportul plăcuței nu se scoate de pe mașină după uzură, ci se rotește ușor și rapid numai plăcuța în suportul ei, iar după uzura tuturor muchiilor se înlocuiește cu alta nouă;

— eliminarea reascuțirilor (comod pentru secțiile de producție) care, făcute necorespunzător, creează tensiuni interne în muchiile așchietoare ale plăcuțelor.

Cu toate aceste avantaje, plăcuțele din CMS schimbabile nerecuperabile exploatate în mod corect ajung la un coeficient de utilizare a materialului de 1 ... 3% iar după aceea iau drumul greoi și costisitor de readucere în stare de materie primă prin procedee mecanice și chimice.

Un astfel de grad de utilizare al materialului încorporat în plăcuțele din CMS schimbabile nerecuperabile vine în contradicție cu criza mondială actuală de materii prime, energie și combustibil.

Fabricarea la scară industrială de către Întreprinderea de Mecanică Fină București a discurilor diamantate atît cu liant metalic cît și cu liant rezinoid asigură posibilitatea unor reascuțiri corecte a plăcuțelor din CMS fără riscul introducerii unor tensiuni interne, astfel că ultimul avantaj evidențiat mai sus își pierde justificarea în condițiile actuale.

Aceste considerente, asociate sarcinii privind reciclarea materialelor, a determinat colectivul de cadre tehnice din Întreprinderea de Construcții de Mașini din Reșița să se orienteze spre concepția și execuția unor scule cu plăcuțe din CMS schimbabile reascuțibile.

La concepția noilor scule au fost avute în vedere și alte considerente, în mod deosebit simplitatea tehnologiei de execuție a acestor scule, astfel încît să poată fi executate nu numai de unități specializate ci și în sculăriile întreprinderilor. Totodată s-a avut în vedere ca aceste scule să

poată fi reglate cu ușurință de către cei ce le folosesc, fără a fi nevoie de intervenții de specialitate.

Concepția noilor scule cu plăcuțe din CMS schimbabile reascuțibile vizează în principal capetele de frezat și cuțitele de strung, care ocupă de altfel o pondere însemnată în totalul sculelor așchietoare.

2. Capete de frezat cu plăcuțe din CMS schimbabile reascuțibile

Desigur că problema reascuțirii plăcuțelor din CMS schimbabile se află în atenția mai multor colective de muncă, care au ajuns chiar la unele soluții practice. Toate aceste preocupări s-au lovit însă de un impediment greu de depășit: faptul că locașul de prindere al plăcuțelor în suporții lor are dimensiuni fixe, ori reascuțirea plăcuțelor modifică dimensiunile acestora făcînd imposibilă prinderea lor în același locaș.

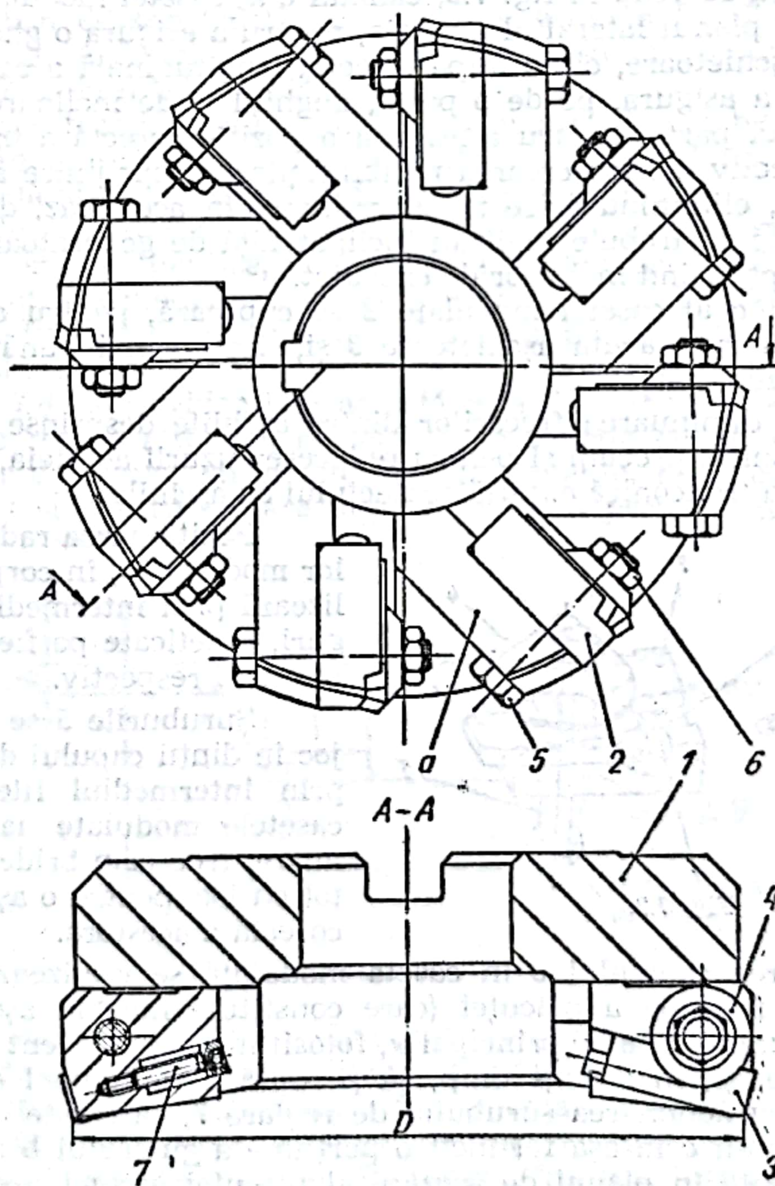


Fig. 7.1.

Prin construcţia adoptată în cazul de faţă s-a soluţionat, în parte, dificultatea menţionată prin aceea că locaşul plăcuţelor aşchietoare se realizează reglabil după direcţia uzurii muchiei aşchietoare şi fix, după o direcţie perpendiculară pe aceasta, pentru a asigura ghidarea plăcuţei. Acest lucru este materializat printr-o casetă modulată fixată pe corpul sculei.

Noua construcţie a capetelor de frezat cu plăcuţe din CMS schimbabile reascuţibile menţine în parte forma constructivă tradiţională, aducîndu-se modificări esenţiale suportului modulat (casetei) de prindere a plăcuţelor. Astfel, acestea se compun, aşa cum se vede în fig. 7.1, dintr-un corp cilindric *1*, cu dinţii frontali *a*, pe care se fixează casetele modulate *2* ale plăcuţelor din CMS schimbabile recuperabile *3*, strînse la rîndul lor cu cîte o bridă tronconică *4*, cu cîte un şurub *5* şi o piuliţă *6*. Cu ajutorul unui şurub de reglare *7*, care are un guler cilindric *b* (v. fig. 2) şi, la interior, un locaş hexagonal (pentru cheia *8*), se asigură poziţionarea plăcuţei aşchietoare *3* de-a lungul unui canal înclinat *c*, practicat în caseta modulată *2*.

Aşa cum se vede în fig. 7.2, canalul *c* al casetei modulate *2* este înclinat atît în planul lateral al acesteia, pentru a asigura o ghidare corectă a plăcuţei aşchietoare, cît şi după direcţia longitudinală a casetei respective, pentru a asigura, pe de o parte, unghiul ω de înclinare al tăişului, iar pe de altă parte, pentru a asigura o poziţie corectă a bridei tronconice *4*, respectiv pentru crearea posibilităţilor de sprijinire a acesteia pe două puncte, eliminînd orice nedeterminare. În acest caz, dinţii capului de frezat nu mai trebuie realizaţi înclinat faţă de generatoarea corpului, ci rămîn drepţi, fiind mai uşor de executat.

Canalul *c* al casetei modulate *2* se cuprează, pentru a asigura un contact intim cu plăcuţa aşchietoare *3* şi, deci, o mai bună evacuare a căldurii din zona tăişului.

Pentru diminuarea frecărilor dintre aşchiile desprinse şi suprafaţa bridei tronconice, precum şi pentru reducerea uzurii acesteia, se va croma dur suprafaţa tronconică expusă contactului cu aşchiile.

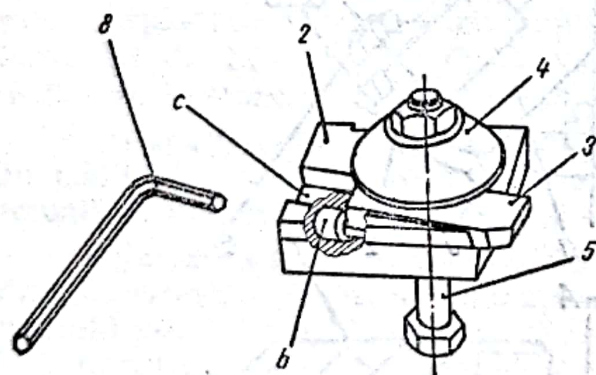


Fig. 7.2.

Poziţionarea radială a casetelor modulate *2*, în corpul *1*, se realizează prin intermediul unor praguri, practicate pe fiecare dinte al corpului respectiv.

Şuruburile *5* se montează cu joc în dinţii capului de frezat însă, prin intermediul filetului, strîng casetele modulate iar, în continuare, trec prin bridele tronconice tot cu joc, pentru o aşezare cît mai corectă a acestora.

Înclinarea canalului *c* în caseta modulată se realizează în aşa fel încît partea frontală a plăcuţei (care constituie muchia aşchietoare) să formeze un unghi de atac principal $\varkappa$, folosit în mod frecvent la prelucrări prin aşchiere, şi, în acelaşi timp, să permită accesul unei chei hexagonale *8*, pentru acţionarea şurubului de reglare *7*, care este amplasat sub fundul canalului *c* în aşa fel încît o porţiune a gulerului *b* a acestuia să fie proeminentă în planul de aşezare al plăcuţei aşchietoare şi să apese tot timpul pe capătul acesteia dinspre interior.

Pe astfel de capete de frezat pot fi montate plăcuțe așchietoare standardizate de forma „C", însă, pentru o utilizare mai rațională a materialului, s-au folosit plăcuțe speciale cu lungimi mai mari și grosimi mai mici decît cele standardizate, așa cum rezultă din fig. 7.3.

Astfel de plăcuțe au fost realizate de Întreprinderea NEFERAL din București la cererea Întreprinderii de Construcții de Mașini din Reșița.

Lungimea plăcuței așchietoare de 40 mm preconizată inițial a trebuit scurtată la 35 mm pentru a exista suficient loc de manevrare a cheii 8, în timpul acționării șurubului de reglare 7.

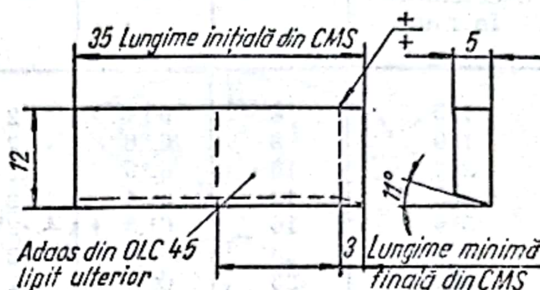


Fig. 7.3.

După mai multe ascuțiri succesive, plăcuțele așchietoare se vor scurta sensibil iar pentru prindere, în vederea utilizării lor în continuare, acestea se vor prelungi prin lipirea unor plăcuțe de aceeași secțiune, însă din oțel carbon de construcție, așa cum se vede în fig. 7.3. După cum rezultă din figură, lungimea utilizabilă este de circa 32 mm ceea ce reprezintă 91,5% din mărimea plăcuței.

Noua construcție oferă posibilitatea evacuării mai bune a căldurii generate prin desprinderea așchiilor datorită efectului de ventilație pe care îl prezintă dinții realizați sub formă de palete frontale.

Casetele de prindere ale plăcuțelor sînt tipizate după cum și dimensiunile dinților sînt identice, deci valabile pentru toate mărimile de capete de frezat. Se modifică doar cota ce poziționează casetele în capul de frezat în funcție de diametru, astfel încît unghiul de degajare λ să rămînă constant.

În fig. 7.4 este evidențiată această cotă de compensare iar în tabelul 17.1 este redată atît cota respectivă, în funcție de diferite diametre ale capetelor de frezat, cît și alte date importante, necesare atît pentru proiectare cît și pentru reglare după o anumită perioadă de exploatare,

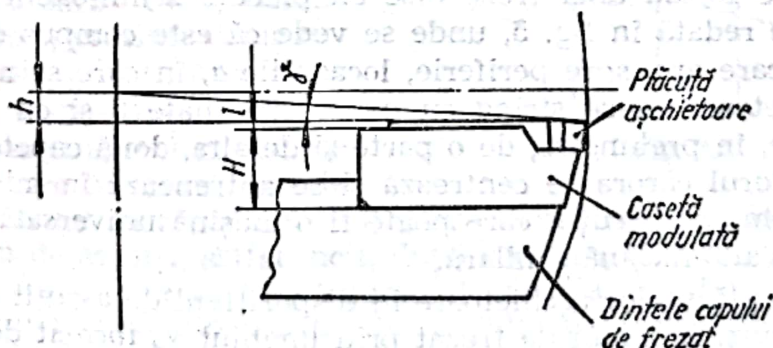


Fig. 7.4.

cînd pot să apară anumite uzuri. Datele respective pot fi folosite și la alte mărimi de capete de frezat neindicate în tabel.

De menționat este faptul că a fost adoptată varianta cu număr rar de dinți, întrucît la încercările efectuate s-a constatat că aceasta asigură cel mai bine eliminarea așchiilor în timpul frezării, influențînd în mod favorabil durabilitatea muchiilor tăietoare.

Tabelul 17.1

Diametrul capului de frezat la vîrful plăcuţelor aşchietoare, în mm	Nr. de dinţi, *z*	Pasul dinţilor, în mm	Unghiul de degajare, γ, în grade	Unghiul de înclinare ω al tăişului, în grade	Proeminenţa plăcuţei aşchietoare faţă de casetă *l*, în mm	Înălţimea casetei modulate *H*, în mm	Cotă de compensare *h*, în mm
125	6	65,4	2	7	0,5	14	2,2
160	8	62,8	2	7	0,5	14	2,8
200	10	62,8	2	7	0,5	14	3,5
250	12	65,4	2	7	0,5	14	4,4
314	16	61,8	2	7	0,5	14	5,5
400	20	62,8	2	7	0,5	14	7,0
500	26	60,4	2	7	0,5	14	8,8

3. Reascuţirea plăcuţelor din CMS schimbabile

Uzura dominantă a tăişurilor plăcuţelor din CMS montate pe capetele de frezat este cea rezultată pe faţa de aşezare şi, deci, este raţional ca reascuţirea să se execute pe această faţă, de pe care, la fiecare reascuţire, trebuie eliminată o anumită grosime de material degradat fizic, la care se adaugă o grosime suplimentară de 0,1 ... 0,3 mm care a suferit modificări structurale în timpul aşchierii.

În scopul creşterii rezistenţei mecanice a tăişurilor plăcuţelor aşchietoare s-a adoptat, pentru faţa de aşezare, forma unui arc de cerc, astfel că atît ascuţirea iniţială cît şi reascuţirile ulterioare vor trebui să genereze o astfel de suprafaţă.

Pentru aceasta plăcuţele aşchietoare se montează într-un dispozitiv circular şi se ascut simultan mai multe. Dispozitivul de ascuţit folosit în acest caz are forma unei freze disc cu plăcuţe schimbabile. Construcţia acestuia este redată în fig. 5, unde se vede că este compus dintr-un corp cilindric *1*, care are, spre periferie, locaşurile *a*, în care se montează plăcuţele aşchietoare ce se strîng cu penele înclinate *2* şi cu şuruburile *3*. Corpul *1* are, în prelungire, de o parte şi de alta, două capete cilindrice *b* şi *c*, cu ajutorul cărora se centrează şi se antrenează în mişcarea de rotaţie pe maşina de ascuţit, care poate fi o maşină universală de rectificat rotund sau o altă maşină similară.

Poziţia plăcuţelor aşchietoare în dispozitivul de ascuţit diferă de cea pe care o ocupă în capul de frezat prin unghiul γ_a format de o rază care trece prin tăişul principal şi faţa de degajare, aşa cum se vede în fig. 7.5. Acest unghi are mărimea de 11° şi permite montarea plăcuţelor aşchietoare în capul de frezat la un unghi de aşezare α de circa 9° şi la unul de degajare γ de 2°, aşa cum este indicat de altfel în tabelul 1.

Realizarea unor faţete negative late de circa 0,3 mm pe muchiile principale ale plăcuţelor măreşte sensibil durabilitatea acestora, operaţia respectivă realizîndu-se în funcţie de dotarea tehnică a atelierului de ascuţit.

Ascuţirea se face cu discuri diamantate de formă cilindrică cu liant rezinoid de tipul 1 A 1 după catalogul Întreprinderii de Mecanică Fină Bucureşti, însă se poate face şi cu discuri abrazive din carbură de siliciu de duritate K şi granulaţie 25, desigur cu rezultate mai slabe în privinţa calităţii suprafeţei ascuţite.

Pentru creşterea durabilităţii plăcuţelor aşchietoare se realizează două faţete de trecere; una pe faţa de aşezare principală şi alta pe faţa de aşezare secundară, astfel ca unghiul ε al vîrfului principal să crească.

Tăişurile de trecere, de circa 1,2 mm, se vor realiza la un unghi de atac egal cu jumătate din unghiul principal de atac, din aceeaşi prindere a plăcuţelor şi pe aceeaşi maşină care realizează şi ascuţirea feţelor de aşezare.

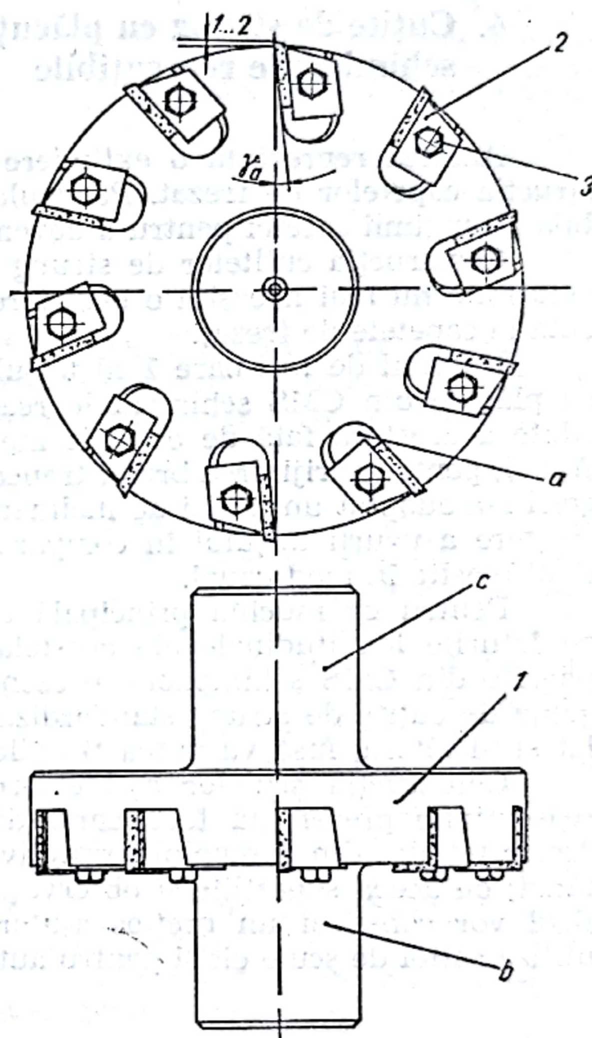


Fig. 7.5.

Întrucît realizarea feţelor de trecere de pe muchiile secundare pe aceeaşi maşină ar necesita rotirea anevoioasă a capului portpiatră pentru fiecare lot de plăcuţe este de preferat ca realizarea feţelor respective să se facă pe altă maşină, însă cu plăcuţele menţinute în dispozitivul de la ascuţirea feţelor de aşezare. Dacă, însă, nu se dispune de suficiente maşini de rectificat, faţetele respective se pot realiza şi manual, după desprinderea plăcuţelor din dispozitivul de ascuţit.

Avînd în vedere că uzura plăcuţelor aşchitoare este neuniformă şi, uneori, prezintă chiar ruperi masive din tăişuri, acestea se montează în dispozitivul de ascuţire pe baza unei aprecieri vizuale a porţiunii care urmează să fie îndepărtată, avînd ca reper de poziţionare diametrul exterior al corpului dispozitivului de ascuţit, astfel încît, după ascuţire, tăişurile plăcuţelor aşchietoare să fie situate la 1 ... 2 mm faţă de diametrul respectiv.

Aşa cum rezultă din construcţia capului de frezat (v. fig. 7.1), reglarea radială a tăişurilor plăcuţelor aşchietoare se poate face, cu precizie suficient de mare de ordinul a 0,01 ... 0,03 mm, prin deplasarea corespunzătoare a plăcuţelor cu ajutorul şuruburilor de reglaj pînă la palpatorul unui ceas comparator.

Pentru operaţiile de degroşare şi de semifinisare, capetele de frezat se vor utiliza avînd plăcuţele aşchietoare ascuţite aşa cum s-a arătat mai înainte.

Pentru operaţii de frezare pretenţioase în ceea ce priveşte planeitatea, paralelismul şi calitatea suprafeţei, nu mai este suficientă ascuţirea

prezentată mai înainte, ci aceasta trebuie completată cu o ascuţire a faţetelor pe o maşină specială de ascuţit cu plăcuţele montate în capul de frezat. Cum însă faţetele respective vor rezulta diferit, ca mărime, de la o plăcuţă la alta, ascuţirea se va face pînă cînd lăţimea celei mai mici faţete va depăşi avansul pe dinte folosit la frezarea ce urmează să se efectueze.

4. Cuţite de strung cu plăcuţe din CMS schimbabile reascuţibile

Acestea reprezintă o extindere a casetei modulate folosite în construcţia capetelor de frezat. Particularitatea constă în mărirea considerabilă a lungimii casetei pentru a deveni braţ de prindere.

Construcţia cuţitelor de strung cu plăcuţe din CMS schimbabile reascuţibile nu mai necesită o descriere separată, rămînînd valabilă cea făcută la capetele de frezat.

Unghiul de înclinare λ al tăişului adoptat pentru cuţitele de strung cu plăcuţe din CMS schimbabile reascuţibile constituie încă o particularitate a acestora faţă de casetele modulate folosite la capetele de frezat. Astfel, pentru sprijinirea bridei tronconice pe două puncte în timpul strîngerii s-a adoptat un unghi de înclinare λ pozitiv de 1°, fără a se observa o creştere a uzurii tăişului în comparaţie cu unghiurile de înclinare negative folosite în mod uzual.

Pentru ca muchia principală a plăcuţei să rămînă perpendiculară pe laturile longitudinale ale acesteia, construcţia cuţitelor de strung cu plăcuţe din CMS schimbabile prezentată nu va putea fi aplicată întregii game de cuţite de strung standardizate, cum este cazul cuţitelor de canelat şi al altora, însă va putea fi aplicată la majoritatea tipurilor.

Construcţia sculelor aşchietoare cu plăcuţe din CMS schimbabile reascuţibile prezentată face parte din preocupările mai recente ale cadrelor tehnice din domeniul respectiv, fiind susceptibilă la multe îmbunătăţiri; de aceea sugestiile şi observaţiile făcute de cititorii prezentului articol vor constitui un preţios ajutor atît pentru cei ce vor construi şi utiliza astfel de scule cît şi pentru autor.



8

Despre neuniformitatea injecţiei la motoarele cu aprindere prin comprimare

Dr. ing. *Titi Turcoiu*
Institutul Naţional de Motoare Termice
Filiala — Institutul Politehnic Bucureşti

1. Introducere

Fizic, neuniformitatea injecţiei* precizează faptul că în cilindrii unui motor cu aprindere prin comprimare policilindric se injectează cantităţi diferite de combustibil. Matematic, aceasta se exprimă cu ajutorul relaţiei:

$$N=2(Q_{max}-Q_{min})100/(Q_{max}+Q_{min}) \quad [\%],$$

în care N reprezintă gradul de neuniformitate al injecţiei, Q_{max} — cantitatea maximă de combustibil injectat într-un cilindru oarecare al motorului, iar Q_{min} — cantitatea minimă de combustibil injectat în alt cilindru al motorului, la acelaşi regim de funcţionare.

Consecinţele manifestării unui grad de neuniformitate al injecţiei cu valori importante, în timpul funcţionării motorului cu aprindere prin comprimare, sînt multiple şi diverse: scad performanţele energetice, economice şi de durabilitate ale motorului [3], apar solicitări suplimentare ale arborelui cotit [4], se modifică esenţial comportarea hidrodinamică a lagărelor acestuia [1], cresc emisiile poluante din gazele de evacuare [2]. Din aceste motive, la regimul nominal de funcţionare al oricărui motor cu aprindere prin comprimare, gradul de neuniformitate se limitează la 2—3%. Acesta creşte la 5—8% în cazul turaţiilor mici şi al cantităţilor mari de combustibil injectat în motor şi la circa 30% în cazul turaţiilor mici şi al cantităţilor mici de combustibil injectat în motor.

Sarcina realizării unui grad de neuniformitate impus revine echipamentului de injecţie al motorului, care, atunci cînd este nou şi corect reglat, trebuie să asigure valorile cuprinse în tabelul 8.1.

Reglarea cantităţilor de combustibil refulat de către pompa de injecţie, pentru respectarea valorilor admisibile ale gradului de neuniformitate, se face, de regulă, pentru regimul nominal de funcţionare a motorului sau pentru regimul de lucru în care motorul funcţionează cea mai mare parte din timp; la celelalte regimuri de funcţionare gradul de neuniformitate prezintă valori aleatoare, în cele mai dese cazuri cu mult mai mari decît valorile admisibile.

Dereglarea şi uzarea progresivă în exploatare a echipamentului de injecţie amplifică considerabil valoarea gradului de neuniformitate.

---

* Neuniformitatea debitării combustibilului sau neuniformitatea dozelor refulate.

Tabelul 8.1. **Gradul de neuniformitate admisibil pentru un echipament de injecţie nou şi corect reglat, în funcţie de cantitatea de combustibil injectat în motor**

Regimul \ Parametrul	Q, mm³/ciclu	N, %
Turaţie nominală	<50	4
	50—100	3
	>100	3
Pornire, turaţii mici şi debite mici		10—30

În acest sens, se prezintă o analiză sintetică, bazată pe o serie de cercetări originale, a cauzelor care determină funcţionarea echipamentelor de injecţie noi şi corect reglate cu valori mari ale gradului de neuniformitate, precum şi a comportării generale a motorului cu aprindere prin comprimare funcţionînd în aceste condiţii. De asemenea, se precizează şi cîteva tendinţe în domeniul sporirii uniformităţii injecţiei.

2. Cauzele funcţionării echipamentelor de injecţie cu valori mari ale gradului de neuniformitate

În cazul echipamentelor de injecţie la care pompa de injecţie este de tipul cu elemente de refulare individuale prevăzute cu piston-sertar (fig. 8.1), neuniformitatea injecţiei se datorește, în principal, următoarelor cauze: toleranţelor de fabricaţie ale pieselor care compun elementul de refulare şi pulverizatorul; geometriei diferite a traseelor de înaltă presiune; fenomenelor perturbatoare care se produc diferit pe traseele de înaltă presiune; exploatării echipamentului de injecţie.

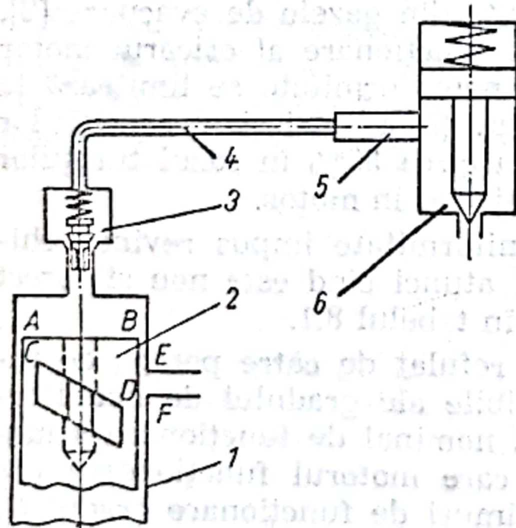


Fig. 8.1. Schema de principiu a echipamentului de injecţie prevăzut cu element de refulare cu piston-sertar: *1* — cilindru; *2* — piston-sertar; *3* — ansamblul supapei de refulare; *4* — conductă de înaltă presiune; *5* — filtru preventiv; *6* — injector (pulverizator).

Neuniformitatea injecţiei datorită toleranţelor de fabricaţie

Faptul că injecţia combustibilului în cilindrul motorului cu aprindere prin comprimare trebuie efectuată cu o precizie cantitativă deosebită şi la presiuni foarte mari impune ca toleranţele de fabricaţie ale pieselor în mişcare aflate pe traseul de înaltă presiune să fie foarte mici. Aceasta conduce la necesitatea execuţiei elementului de refulare, supapei de refulare şi mai ales a pulverizatorului cu o precizie dintre cele mai înalte întîlnite în construcţia de maşini.

Ca urmare, toleranțele dimensionale, cele ale formei și poziției reciproce, precum și rugozitatea suprafețelor de lucru ale acestor piese se prescriu și se execută în limite foarte strînse (1,5—3 μm, 0,5—1 μm și, respectiv, 0,05—0,08μm).

Cuplurile de piese în mișcare se împerechează la montaj, în limitele toleranțelor prescrise, lipsa interschimbabilității lor fiind o condiție esențială pentru funcționarea corectă și în condiții de uniformitate sporită a echipamentului de injecție. Atît împerecherea necorespunzătoare, pe aceeași secțiune de pompare, cît și montarea cuplurilor de piese, pe aceeași pompă de injecție, în limite largi ale toleranțelor de fabricație fac ca, în timpul funcționării echipamentului de injecție, să apară valori ale gradului de neuniformitate care depășesc cu mult pe cele prescrise.

Influența cea mai importantă o exercită toleranțele dimensionale care asigură jocul dintre cilindrul și pistonul-sertar ale elementului de refulare.. Din fig. 8.2 se constată, de exemplu, chiar și pentru un joc normal, corespunzător toleranțelor de împerechere a pistonului-sertar cu cilindrul, gradul de neuniformitate poate să atingă, la anumite regimuri de funcționare ale echipamentului de injecție, valori de circa 50%.

În cazul elementelor de refulare cu jocuri mari, de ordinul celor care se formează în exploatare prin uzare, gradul de neuniformitate poate fi de cîteva ori mai mare.

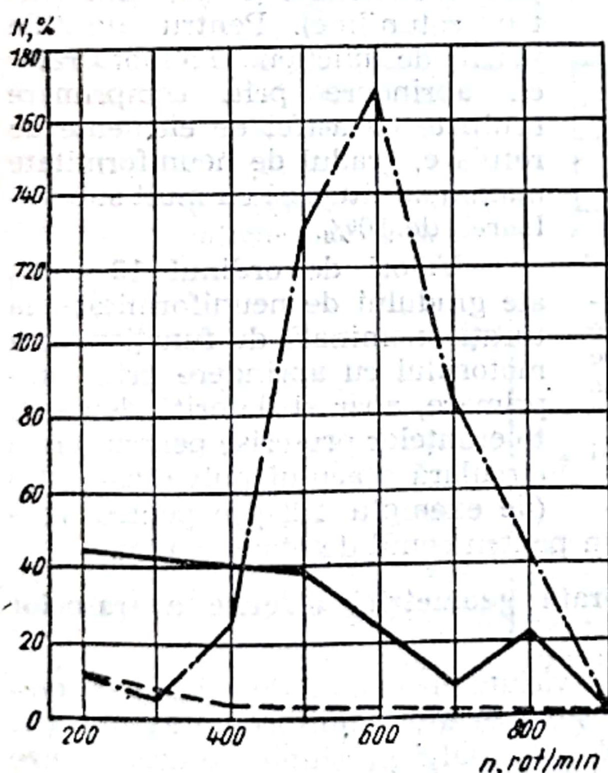


Fig. 8.2. Variația gradului de neuniformitate cu turația pentru un echipament de injecție de mărime A (reglajul pompei de injecție: 135 mm³ motorină/cursă la n_p=900 rot/min): cu linie plină — elemente cu joc normal sau prescris (30—260 unități ROTA); cu linie punct — elemente cu joc mare (400...600 u. ROTA); cu linie întreruptă — elemente cu joc mic (15...30 u. ROTA).

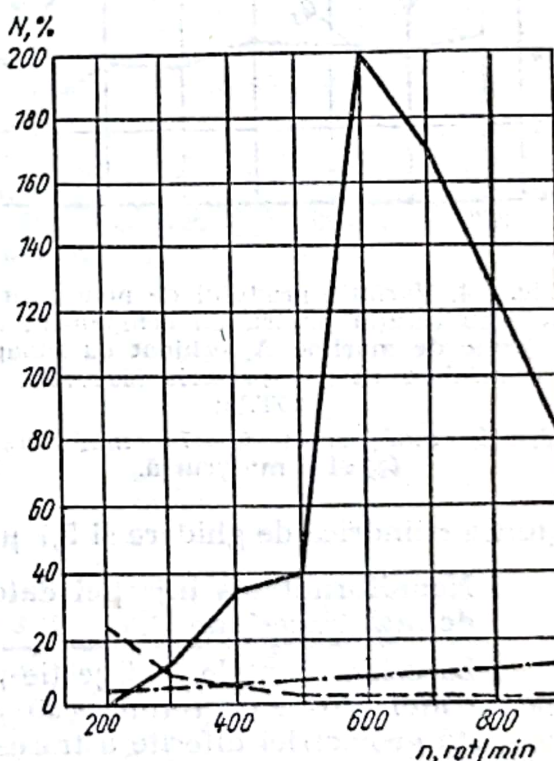


Fig. 8.3. Variația gradului de neuniformitate cu turația pentru un echipament de injecție de mărime A (reglajul pompei de injecție: 40 mm³/cursă la n_p= 350 rot/min): codul liniilor este identic cu cel de la fig. 8.2.

Accidental, pot fi întîlnite și situații în care elementele de refulare cu jocuri normale, datorită unor anomalii de funcționare (de regulă, suspendarea pistonului-sertar), determină apariția gradului maxim de neuniformitate (fig. 8.3).

Variația jocului dintre gulerul de descărcare și alezajul scaunului supapei de refulare, în cadrul toleranțelor dimensionale prescrise, determină un grad de neuniformitate care se ridică la valori de circa 18% (fig. 8.4), în cazul debitelor refulate de pompa de injecție de ordinul 40 mm³/cursă și la valori mai mici (8,5% și 4,5%), în cazul unor debite refulate superioare (74 mm³/cursă și, respectiv, 135 mm³/cursă).

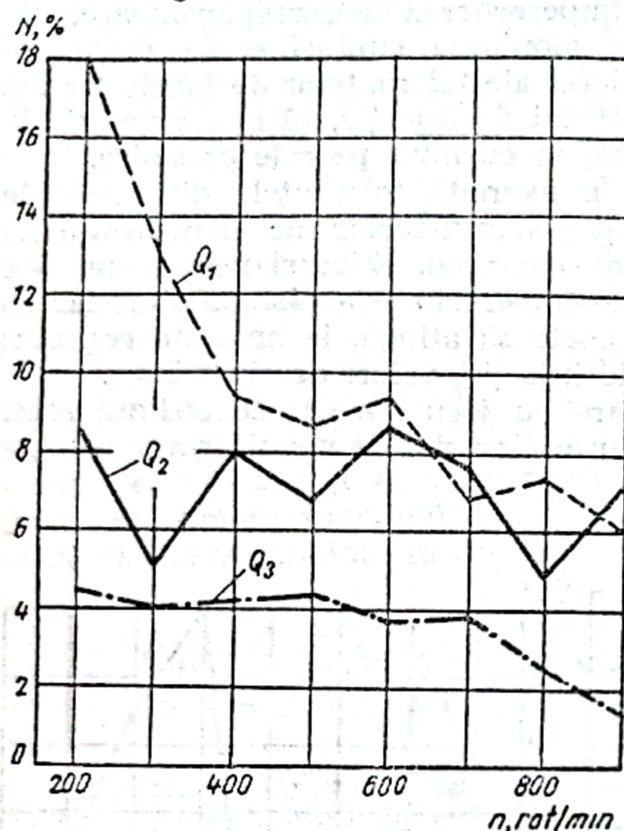


Fig. 8.4. Variația gradului de neuniformitate cu turația pentru un echipament de injecție de mărime A, echipat cu supape de refulare cu joc prescris (30 ... 600 u. ROTA):
$Q_1=40$ mm³/cursă; $Q_2=74$ mm³/cursă; $Q_3=135$ mm³/cursă.

Toleranțele de formă ale elementului de refulare influențează moderat gradul de neuniformitate al injecției. La cea mai mică turație încercată, acesta nu depășește 25—30% (fig. 8.5 și 8.6) [5], chiar dacă valoarea toleranței se situează în afara limitelor prescrise (⩽1 μm pentru conicitate și ⩽0,5 μm pentru rotunjime). Pentru turațiile uzuale de funcționare a motoarelor cu aprindere prin comprimare echipate cu astfel de elemente de refulare, gradul de neuniformitate maxim se situează cu mult sub valoarea de 10%.

Valori de ordinul 13—16% ale gradului de neuniformitate, la turația nominală de funcționare a motorului cu aprindere prin comprimare, apar și datorită depășirii toleranțelor prescrise pentru forma circulară a acului pulverizatorului (de exemplu 2,2 μm pentru porțiunea cilindrică de ghidare și 5,7 μm pentru conul de etanșare) [6].

Neuniformitatea injecției datorată geometriei diferite a traseelor de înaltă presiune

La echipamentele de injecție prevăzute cu pompe de injecție cu elemente individuale de refulare cu piston-sertar, neuniformitatea injecției datorată geometriei diferite a traseelor de înaltă presiune are drept cauze următoarele:

La nivelul elementului de refulare propriu-zis, teșirea sau rotunjirea (prin prelucrare sau ca efect al uzării) muchiilor: frontală *AB* (v. fig. 8.1) a capului pistonului-sertar, *CD* a rampei de descărcare din pistonul-sertar și *EF* a canalului de descărcare din cilindrul elementului de refulare.

La nivelul supapei de refulare, diferențele existente între înălțimile gulerelor de descărcare și a curselor de descărcare, diferențele existente

între secțiunile de curgere din interiorul racordului de refulare, precum și între geometria și elasticitatea arcurilor supapei de refulare.

La nivelul conductei de înaltă presiune, diferențele existente între secțiunile de curgere și între regimurile termice ale conductelor.

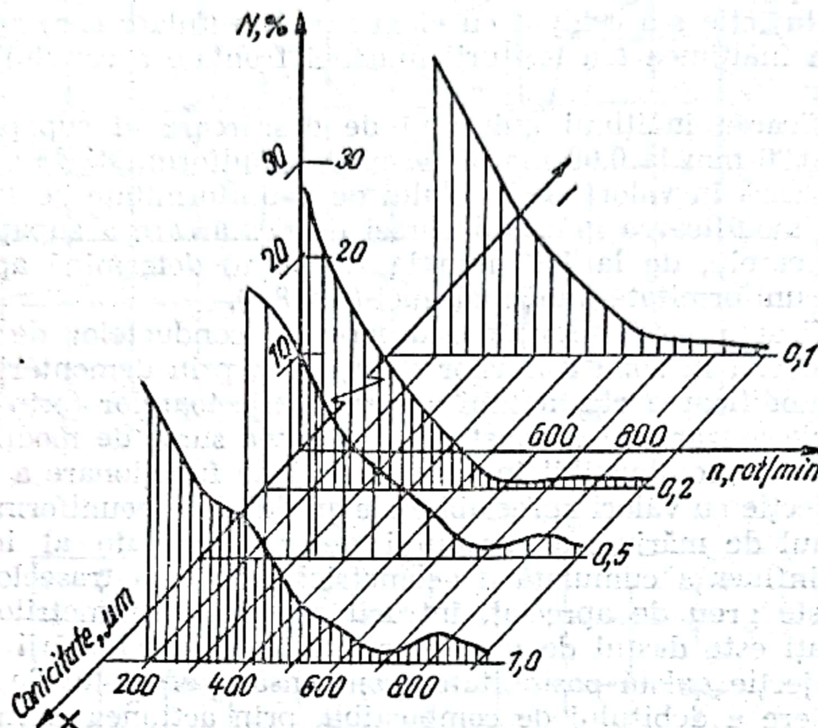


Fig. 8.5. Variația gradului de neuniformitate cu turația și conicitatea elementului de refulare pentru un echipament de injecție de mărime A (reglajul pompei de injecție: 74 mm³/cursă).

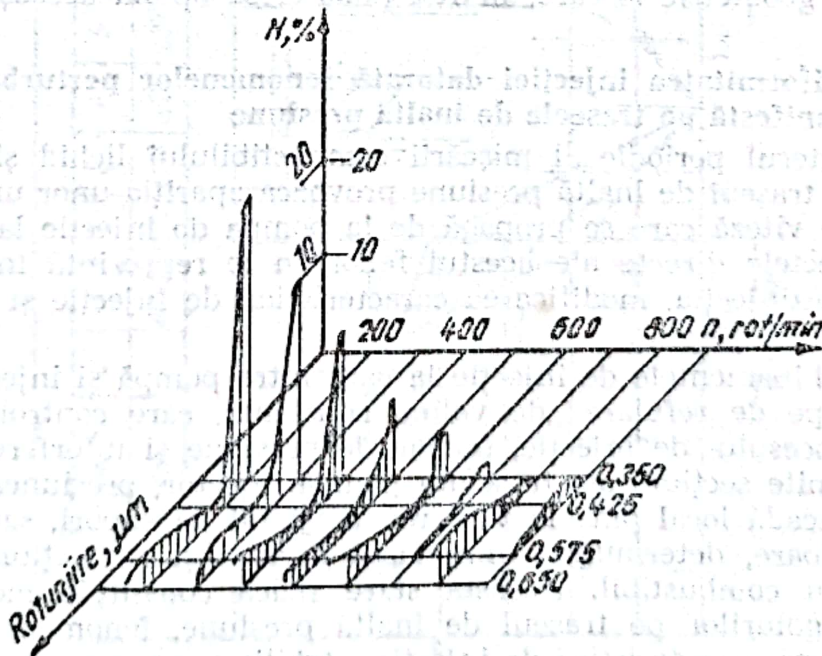


Fig. 8.6. Variația gradului de neuniformitate cu turația și rotunjimea elementului de refulare, pentru un echipament de injecție de mărime A (reglajul pompei de injecție: 74 mm³/cursă).

La nivelul injectorului, diferențele de geometrie ale acelor pulverizatoarelor, filtrelor preventive de la injector și arcurilor injectoarelor, precum și rezistențele hidraulice diferite din această zonă.

Cîteva exemple în acest sens sînt date în cele ce urmează. De pildă, rezultatele prezentate în fig. 8.7 au fost obținute în condițiile în care pompa de injecție s-a echipat cu elemente de refulare care s-au deosebit numai prin înălțimea t a teșiturii muchiei frontale a capului pistonului-sertar.

Modificarea înălțimii gulerului de descărcare al supapei de refulare de la 0,36 mm la 0,68 mm determină neuniformități de debitare care se concretizează în valori ale gradului de neuniformitate de 15—30% [7]. În schimb, modificarea înălțimii cursei de descărcare a supapei de refulare (de exemplu, de la 1,23 mm la 1,35 mm) determină apariția unor grade de neuniformitate mult mai mici (fig. 8.8).

Modificarea secțiunilor de scurgere ale conductelor de înaltă presiune (în special în zona conurilor de așezare, prin demontări și montări repetate), modificarea elasticității arcurilor injectoarelor (prin tasarea suprafețelor de așezare) etc., constituie tot atîtea surse de modificare a debitului ciclic de combustibil injectat și deci de funcționare a echipamentului de injecție cu valori apreciabile ale gradului de neuniformitate.

Ordinul de mărime al gradului de neuformitate al injecției introdus de influența cumulată a geometriei diferite a traseelor de înaltă presiune este greu de apreciat, întrucît numărul parametrilor constructivi implicați este destul de mare, iar în timpul funcționării echipamentului de injecție există posibilitatea compensării efectului de creștere cu cel de scădere a debitului de combustibil, prin acțiunea contrară a anumitor parametri constructivi, astfel încît, gradul de neuniformitate poate să aibă valori cu mult diferite de valorile constatate experimental.

Din acest punct de vedere este firesc ca, pe traseele de înaltă presiune ale oricăror echipamente de injecție, să existe elemente componente cu aceeași geometrie și care, în funcționare, să opună aceeași rezistență hidraulică.

Neuniformitatea injecției datorată fenomenelor perturbatoare care se manifestă pe traseele de înaltă presiune

Caracterul periodic al mișcării combustibilului lichid și presiunile ridicate pe traseul de înaltă presiune provoacă apariția unor unde de presiune și de viteză care se propagă de la pompa de injecție la injector și invers. Efectele directe ale acestui fenomen le reprezintă întîrzierea la injecție, postinjecția, modificarea caracteristicii de injecție și a debitului de combustibil injectat.

La echipamentele de injecție la care între pompă și injector se plasează supape de refulare „de volum constant“, care controlează desfășurarea procesului de injecție, undele de presiune și interferența lor fac ca, în anumite secțiuni ale traseului pompă-injector, presiunea combustibilului să scadă local pînă la valoarea tensiunii de vapori, sau chiar sub această valoare, determinînd eliminarea aerului și a fracțiunilor ușoare existente în combustibil. Această stare fizică constituie momentul de apariție a golurilor pe traseul de înaltă presiune, fenomen perturbator care afectează caracteristica de injecție, stabilitatea procesului de injecție și uniformitatea injecției.

Încercările comparative efectuate cu un echipament de injecție la care se formează goluri pe traseul de înaltă presiune și cu un echipament

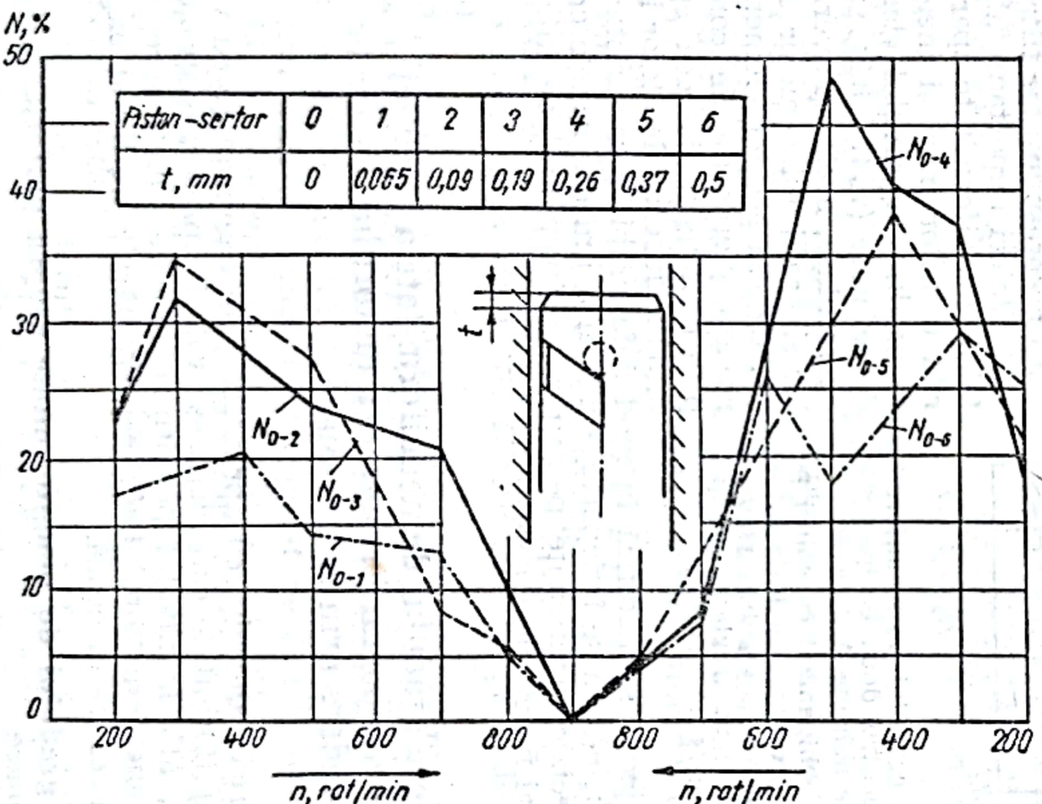


Fig. 8.7. Variația gradului de neuniformitate cu turația pentru un echipament de injecție de mărime A, la care diferă înălțimea teșiturii muchiei frontale a capului pistonului-sertar (reglajul pompei de injecție: 74 mm³/cursă); $N=2(Q_0-Q_{1\ldots6})100/(Q_0+Q_{1\ldots6})$.

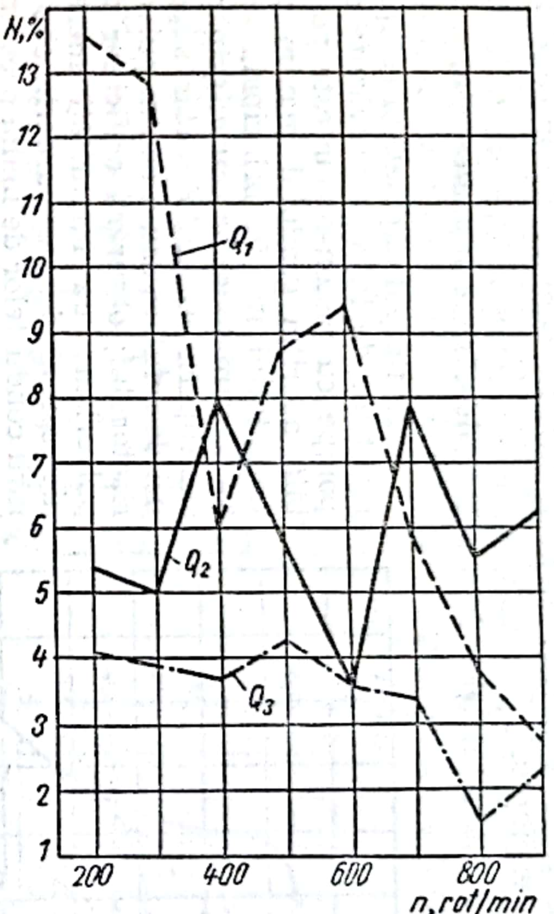


Fig. 8.8. Variația gradului de neuniformitate cu turația pentru un echipament de injecție de mărime A, la care diferă înălțimea cursei de descărcare a supapei de refulare:

$Q_1=40$ mm³/cursă; $Q_2=74$ mm³/cursă; $Q_3=135$ mm³/cursă.

de injecție care evită practic complet golurile [8] au arătat că, pentru toate celelalte condiții neschimbate, gradul de neuniformitate s-a redus de la 30% la circa 1% (fig. 8.9), la turația pompei de injecție de 500 rot/min, de exemplu.

Neuniformitatea injecției datorată exploatării echipamentului de injecție

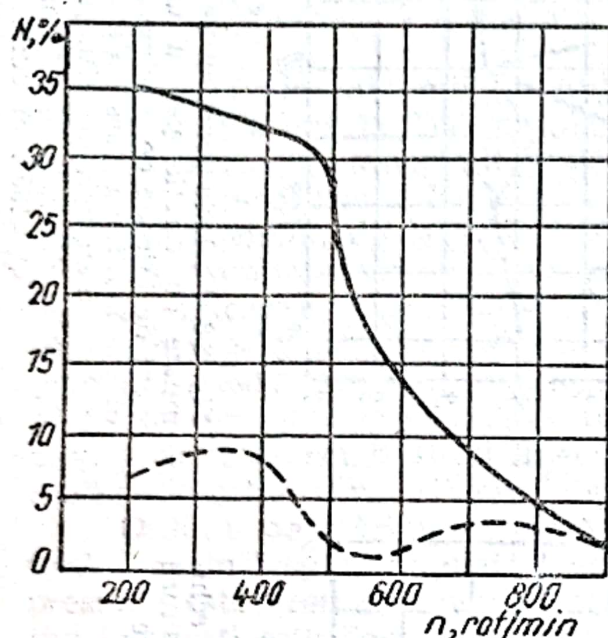


Fig. 8.9. Variația gradului de neuniformitate cu turația pentru două echipamente de injecție de mărime A diferite:
cu linie plină — echipament cu goluri pe traseul de înaltă presiune; cu linie întreruptă — echipament fără goluri pe traseul de înaltă presiune (reglajul pompei de injecție: 74 mm³/cursă).

În timpul exploatării echipamentelor de injecție prevăzute cu pompe cu piston-sertar este posibilă apariția gradului maxim de neuniformitate, în principal, datorită următoarelor cauze: gripării sau ruperii pistonului-sertar, supapei de refulare sau a acului pulverizatorului; obturării orificiilor de pulverizare cu impurități mecanice sau produse ale arderii; obturării conductelor de înaltă presiune sau a filtrelor preventive cu impurități transportate de combustibilul necorespunzător filtrat.

Valori importante ale gradului de neuniformitate apar și datorită uzurilor mari și inegale care se produc la nivelul elementelor de refulare (v. fig. 8.2), supapelor de refulare, acelor pulverizatoarelor și profilului camelor de injecție. Uzarea acestor elemente favorizează pierderile de combustibil prin neetanșeități, ceea ce determină reducerea debitelor injectate, a vitezei de injecție și modifică în mod defavorabil caracteristica de injecție. Este suficient să se îndepărteze numai 3 μm din zonele critice ale pieselor de precizie menționate pentru ca echipamentul de injecție respectiv să nu mai funcționeze corespunzător.

3. Influența gradului de neuniformitate a injecției asupra comportării generale a motorului cu aprindere prin comprimare

Funcționarea motorului cu aprindere prin comprimare cu valori ale gradului de neuniformitate care depășesc valorile prescrise atrage o serie de dezavantaje, atît la nivelul performanțelor de funcționare, cît și al solicitărilor organelor motorului. Cîteva evaluări teoretice și experimentale sînt date în cele ce urmează.

Influența gradului de neuniformitate asupra performanțelor de funcționare

Faptul că în cilindrii unui motor cu aprindere prin comprimare policilindric se injectează cantități diferite de combustibil afectează pu-

terea efectivă a motorului, consumul specific efectiv de combustibil şi cantitatea de emisii poluante din gazele de evacuare.

Teoretic, puterea efectivă ar trebui să scadă liniar cu creşterea gradului de neuniformitate, consumul specific efectiv să crească, iar emisiile poluante, cantitativ, să fie mai mari. De exemplu, pentru un motor ipotetic cu doi cilindri care dezvoltă o putere de 12 kW/cilindru, curba

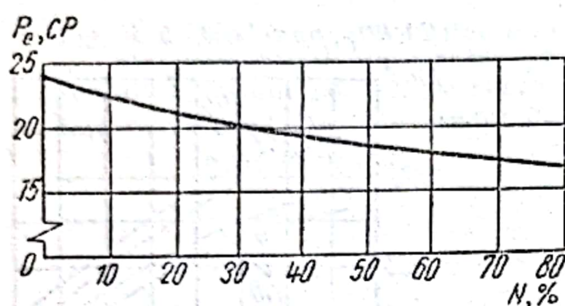


Fig. 8.10 Variaţia puterii efective cu gradul de neuniformitate (motor ipotetic de 2 cilindri şi 12 kW/cilindru; debitul ciclic de motorină aferent, 74 mm³/cursă).

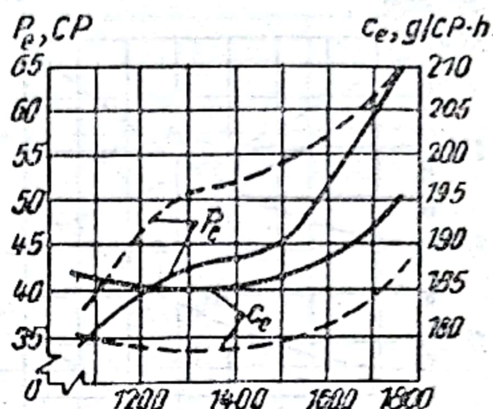


Fig. 8.11. Variaţia puterii efective şi a consumului specific efectiv de combustibil pentru motorul D-110: cu linie plină — varianta cu N mare (v. fig. 8.9, curba cu linie întreruptă).

teoretică de variaţie a puterii efective cu gradul de neuniformitate este cea prezentată în fig. 8.10. Astfel de evaluări, însă, diferă mult de cele reale, deoarece nu sînt în măsură să pună în evidenţă acţiunea complexă a tuturor parametrilor constructivi şi funcţionali ai motorului.

Cea mai corectă evaluare este evaluarea experimentală, care reuşeşte să surprindă manifestarea concomitentă a tuturor acestor parametri. Astfel, în condiţiile echipării succesive a unui motor dat cu două echipamente de injecţie distincte, pentru care variaţia gradului de neuniformitate cu turaţia este ca cea prezentată în fig. 8.9, curbele de evoluţie a puterii efective şi consumului specific de combustibil (fig. 8.11) pun în evidenţă scăderea cu maximum 12% a puterii şi creşterea cu 5% a consumului specific, în varianta de funcţionare cu grad de neuniformitate sporit [9].

Din punctul de vedere al emisiilor poluante s-a investigat concentraţia de oxid de azot din gazele de evacuare. Investigarea teoretică [2] ilustrează tendinţa de creştere importantă a concentraţiei de oxid de azot (fig. 8.12) o dată cu gradul de neuniformitate, tendinţă care nu depinde de doza nominală de combustibil injectat pe ciclu. Investigaţia experimentală [9, 3] confirmă această tendinţă; concentraţiile de NO şi NO_x sînt mai mari cu 5% (fig. 8.13) în varianta de funcţionare a motorului cu aprindere prin comprimare cu un grad de neuniformitate sporit.

Influenţa gradului de neuniformitate asupra solicitării arborelui cotit

Funcţionarea motorului cu aprindere prin comprimare cu valori mari ale gradului de neuniformitate a injecţiei antrenează încărcarea suplimentară a arborelui cotit, modificînd, în consecinţă, comportarea hidrodinamică a lagărelor acestuia. Efectul manifestării unui anumit grad de neuniformitate este recepţionat direct de către lagărele palier intermediare

datorită încărcării coturilor care încadrează lagărele respective. Spre exemplu, pentru arborele cotit al motorului D-110, evoluția reacțiunii rezultante cu gradul de neuniformitate, în cazul lagărului palier central, este cea reprezentată în fig. 8.14. O astfel de evoluție periclitează valoarea minimă admisibilă a grosimii peliculei de lubrifiant (fig. 8.15) și spo-

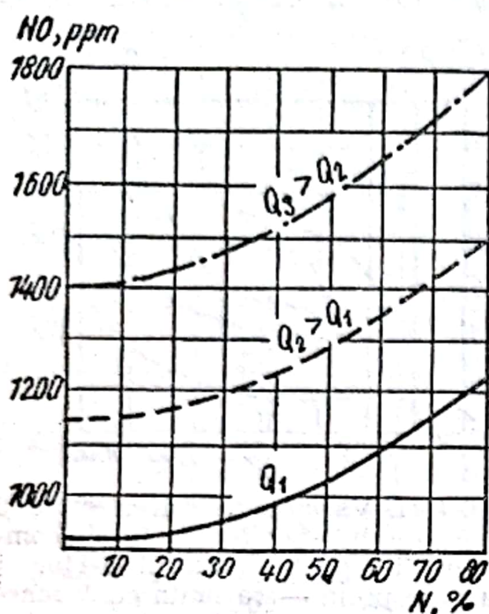


Fig. 8.12. Variația concentrației de NO cu gradul de neuniformitate (*Q* — reglajul pompei de injecție).

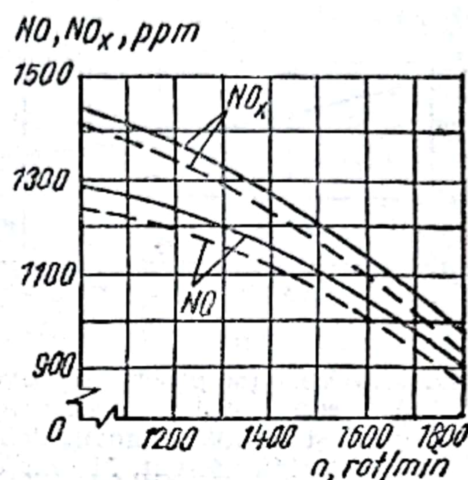


Fig. 8.13. Variația concentrației de NO și NO_x cu turația, pentru motorul D-110: cu linie plină — varianta cu *N* mare (v. fig. 8.9, curba cu linie plină); cu linie întreruptă — varianta cu *N* mic (v. fig. 8.9, curba cu linie întreruptă).

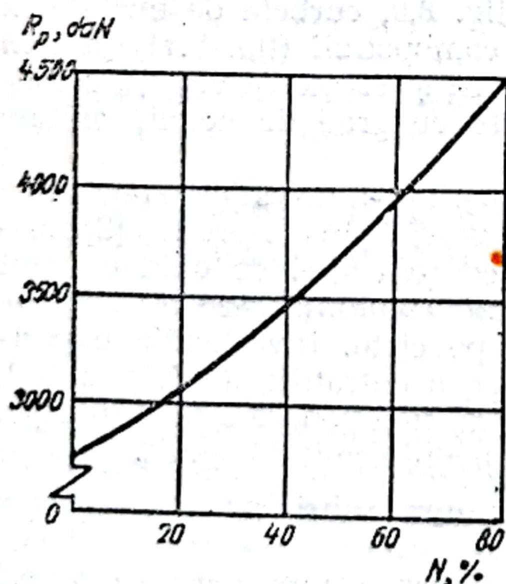


Fig. 8.14. Evoluția încărcării lagărului palier central al arborelui cotit al motorului D-110 cu gradul de neuniformitate.

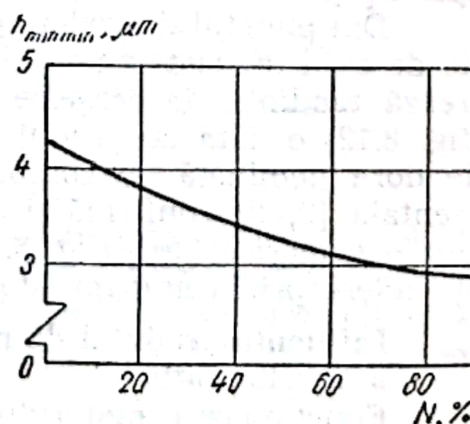


Fig. 8.15. — Modificarea valorii minime a grosimii minime a peliculei de lubrifiant cu gradul de neuniformitate.

rește considerabil frecarea dintre suprafețele fusului și cuzinetului (fig. 8.16) [1]. Ca efect, este posibilă apariția gripajului prematur al lagărului, afectîndu-se astfel fiabilitatea și durabilitatea arborelui cotit, dacă motorul funcționează cu valori mari ale gradului de neuniformitate a injecției.

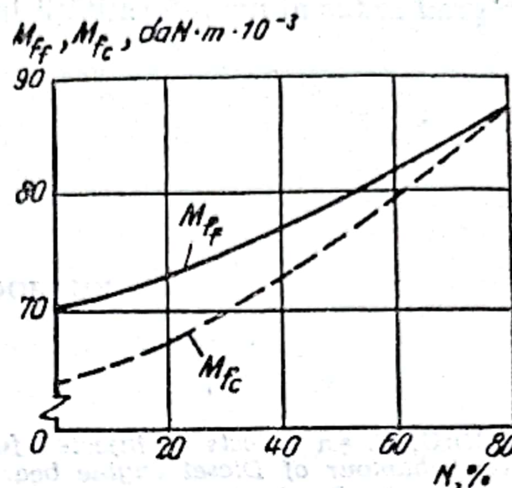


Fig. 8.16. Modificarea valorilor medii ale momentelor de frecare pe suprafața fusului (M_{ff}) și pe suprafața cuzinetului (M_{fc}) cu gradul de neuniformitate.

4. Unele tendințe privind sporirea uniformității debitării la echipamentele de injecție ale motoarelor cu aprindere prin comprimare

Afectarea sensibilă a performanțelor energetice și de economicitate, creșterea concentrației de produși poluanți din gazele de evacuare, solicitările suplimentare ale arborelui cotit și modificarea comportamentului hidrodinamic al lagărelor acestuia, la funcționarea motorului cu aprindere prin comprimare cu valori mari ale gradului de neuniformitate, impun cu stringență, eliminarea sau limitarea cauzelor care determină astfel de valori. În acest sens, în vederea sporirii uniformității injecției, atît modificările de ordin constructiv, cît și cele referitoare la principiile de funcționare ale echipamentelor de injecție reprezintă soluții așteptate și îmbrățișate de totalitatea firmelor constructoare de echipamente de injecție. Cîteva exemple nu sînt lipsite de interes.

La echipamentele prevăzute cu pompe de injecție cu piston-sertar, adăugarea unui by-pass de descărcare parțială, plasat în amontele injectorului [9], permite controlul riguros al cantității de combustibil injectat în cilindrii motorului, contribuind la stabilitatea presiunii combustibilului pe traseul de înaltă presiune și, implicit, la creșterea uniformității injecției. De asemenea, la aceste echipamente, eliminarea golurilor de pe traseul de înaltă presiune, prin menținerea unei presiuni constante și pozitive în intervalul de timp dintre două injecții succesive [8], duce la scăderea de cîteva ori a gradului de neuniformitate (v. fig. 8.9).

La echipamentele prevăzute cu pompe de injecție cu distribuitor rotativ și element unic de refulare, mai avantajoase din punctul de vedere al uniformității injecției, tocmai datorită utilizării unui singur element de refulare, o soluție pentru reducerea gradului de neuniformitate o constituie egalizarea presiunii remanente a combustibilului pe traseele

de înaltă presiune [9], prin practicarea unui canal de descărcare pe generatoarea pistonului-sertar.

Pompele de injecţie cu acumulare, pompele-injector, echipamentele de injecţie cu comandă electronică etc. reprezintă, de asemenea, tot atîtea soluţii care permit funcţionarea motoarelor cu aprindere prin comprimare cu un grad redus al neuniformităţii injecţiei.

BIBLIOGRAFIE

1. TURCOIU, T. ş.a *Effects of injected fuel mass non-uniformity on the hydrodynamic behaviour of Diesel engine bearings.* În: Rev. Roum. Sci. Tech. Série de Mécanique Appliquée, 27, nr. 3, 1982.
2. APOSTOLESCU, N. şi TURCOIU, T. *Influenţa neuniformităţii debitării combustibilului asupra emisiei de oxid de azot a motorului cu aprindere prin comprimare.* În: Buletinul Institutului Politehnic Bucureşti, Seria mecanică, nr. 1, 1980.
3. TURCOIU, T. *Cercetări privind îmbunătăţirea funcţionării pompelor de injecţie cu piston-sertar.* Teză de doctorat, Institutul Politehnic Bucureşti, 1979.
4. VASILESCU, C. A. ş.a. *Analiza efectelor neuniformităţii injecţiei asupra încărcării arborelui cotit al motorului diesel.* În: Studii şi cercetări de mecanică aplicată, 38, nr. 4, 1979.
5. TURCOIU, T. şi BONCOI, J. *Influenţa abaterilor de formă ale elementului de refulare asupra neuniformităţii debitării combustibilului.* În: Construcţia de maşini, 35, 2—3, 1983.
6. LAZĂRESCU, E. şi BĂRJOIANU, A. *Influenţa uzurii acelor de injector asupra debitului ciclic de combustibil injectat.* În: Construcţia de maşini, 23, 7, 1971.
7. SIMIONESCU, A. ş.a. *Influenţa unor elemente constructive ale supapelor de refulare de la pompa de injecţie a motorului D-103 asupra funcţionării motorului şi parametrilor de injecţie.* În: Construcţia de maşini, 24, 2, 1972.
8. * * * *A new injection process that eliminates the voids in the high pressure pipe.* În: Rev. Roum. Sci. Tech. 21, 3, 1976.
9. TURCOIU, T. *Unele aspecte privind sporirea uniformităţii debitării combustibilului la pompele de injecţie cu piston-sertar.* În: Revista Transporturilor şi Telecomunicaţiilor, 2, 1981.



IV

MATERIALE, ELABORARE, UTILIZARE, REUTILIZARE

9

Materiale supraconductibile. Stadiul actual și perspective

Ing. *Claudiu Ștefănescu*

Definită ca proprietate a unor metale sau compuși ai acestora de a-și anula rezistivitatea electrică sub o anumită temperatură critică T_c, supraconductibilitatea a fost descoperită la începutul acestui secol.

În 1908 Heike Kamerling Onnes (premiul Nobel în 1913 pentru studiile sale în criogenie) reușește să obțină heliul în stare lichidă la temperatura de —270°C (He fierbe la —269°C).

În 1911 un student al lui Kamerling, pe nume G. Holst, studiind Hg înghețat cu heliu lichid, a constatat că acesta nu mai opune nici o rezistență electrică atunci cînd se trece un curent electric prin el. Kamerling Onnes a repetat experiența lui Holst (descoperitorul supraconductibilității) și cu alte metale, constatînd de exemplu că și plumbul devine supraconductor cînd este răcit cu heliu lichid.

În 1933 Meissner și Ochsenfeld descoperă un nou fenomen legat de supraconductibilitate și anume, apariția la supraconductori a efectului de diamagnetism (supraconductorii exclud sau elimină complet cîmpurile magnetice aplicate lor). Fenomenul poartă numele de efect Meissner-Ochsenfeld și poate fi pus în evidență prin faptul că un mic magnet plasat deasupra supraconductorului este respins de acesta și plutește deasupra lui (levitație); evident, „plutirea" are loc numai dacă forța de respingere este mai mare decît forța de greutate a magnetului.

Mult timp supraconductorii s-au obținut la temperaturi critice foarte apropiate de aceea a heliului lichid (—270°C sau 3°K); abia în 1973 se obține un aliaj de Nb-Sn care devine supraconductor la 13°K.

În sfîrșit în 1986 se face un nou mare pas înainte în procesul de obținere a supraconductorilor prin realizarea acestora la temperaturi critice mai ridicate (35°K), ceea ce a produs o entuziastă și extraordinară activitate, în cercetare, în acest domeniu. La baza noilor tipuri de supraconductori stau un fel de substanțe ceramice a căror descoperire se datorează cercetătorilor elvețieni A. Müller și G. Benchoz, ambii angajați la o sucursală a I.B.M. din Zürich. La 27 ianuarie 1986 ei au obținut supraconductibilitatea unei mase care conținea bariu, lantan, cupru și oxigen, într-un amestec de mai multe faze cristalografice. Pînă la sfîrșitul anului 1986, o serie de alte laboratoare din lume obțin, urmare a acestei descoperiri, mase supraconductibile la temperaturi critice de 50°K.

În 1987 Paul Grant, cercetător în domeniul supraconductibilității într-un laborator din California al firmei I.B.M., descrie în „New Scientist" (S.U.A.) cum se poate obține un supraconductor la un T_c superior

temperaturii de fierbere a azotului lichid, mai exact la 77°K. Iată rețeta încercată de Grant:

— se amestecă într-un mojar și se macină împreună 1,13 g oxid de ytriu, 3,95 g carbonat de bariu și 2,33 g oxid de cupru;

— pulberea obținută se calcinează într-un cuptor (în atmosfera cuptorului — aer) la temperatura de 950°C;

— masa obținută se macină din nou în mojar apoi se presează sub formă de pastile; se fac mai multe pastile, deoarece s-ar putea ca nu toate pastilele să fie supraconductoare, din cauza neuniformității amestecării din mojar;

— pastilele obținute se calcinează din nou la temperatura de 950°C, de această dată, într-un curent de oxigen, după care pastilele sînt lăsate să se răcească încet (foarte încet) pînă la temperatura camerei;

— se trece în final la testarea pastilelor în azot lichid, pentru a verifica dacă sînt supraconductoare.

Testul se bazează pe efectul Meissner-Ochsenfeld, obținut cu un mic magnet depus deasupra pastilei supraconductoare răcită în azot lichid. Experiența arată că magnetul „plutește" în aer deasupra pastilei supraconductoare, fără ca aparent să fie susținut de ceva.

Recentele descoperiri de materiale supraconductoare, ca YBa_2CuOx (așa-numitul amestec 123) și $YBa_2Cu_3F_yOz$ avînd T_c deasupra temperaturii de fierbere a azotului (77°K), promit o aplicare foarte largă a acestor noi materiale. Una din problemele pe care le-au ridicat aceste materiale supraconductoare a fost fragilitatea amestecului asociată cu caracterul ceramic al acestuia.

În continuare s-au cercetat o serie de tehnici de fabricație capabile să producă supraconductori sub formă de piese fasonate sau chiar fire, pornind de la oxizi supraconductori puri sau de la amestecuri de supraconductori cu metale. Faza metal în amestecul supraconductor mărește în mod evident rezistența și plasticitatea masei de amestec, conductivitatea termică înaltă a metalului mărind de asemenea omogenitatea de distribuție a temperaturii, micșorînd astfel încălzirile locale care pot fi cauza de pierdere a supraconductibilității. În amestecuri de acest tip este important să se mențină o fază supraconductibilă neîntreruptă pentru a forma căile cu rezistivitate zero la temperaturi sub T_c ale fazei supraconductoare. De altfel, un parametru hotărîtor, asociat cu fezabilitatea tehnicii de fabricație, este menținerea oxigenului stoichiometric al amestecului 123 la nivelul dorit de $6{,}9 \pm 0{,}1$, pentru a menține T_c deasupra temperaturii de 77°K. Recent, un grup de cercetători [2] au preparat, utilizînd tehnica metalurgiei pulberilor, un amestec de 40% metal (Al) și 60% compoziție 123 (preparată la rîndul ei prin procedeul standard de calcinare-sinterizare), la care s-au adăugat particule de donatori de oxigen și fluor (Ag_2O, CdO, Ag_2CO_3 și AgF). Amestecul de pudre a fost presat sub formă de plăcuțe avînd un diametru de 12,5 mm și o grosime de 2 mm. Acestea au fost tratate timp de 5—6 h la 600°C sub un curent de oxigen, după care plăcuțele au fost utilizate la măsurători ale proprietăților electrice și mecanice ale amestecului obținut, constînd din Al și faze de compoziție 123, dispersate neregulat în matriță metalică.

Plăcuțele presate, din amestecul menționat (Al/123) au prezentat un puternic efect Meissner.

În fig. 9.1 se prezintă comparaţia valorilor rezistivităţii în funcţie de temperatură pentru următoarele amestecuri:

a) compoziţia (amestecul) 123;

b) Al (40%)/123 (60% în vol); amestec tratat în O_2;

c) Al/123+Ag_2O (5% în vol); amestec tratat în O_2;

d) Al/123+Ag_2O (5% în vol); amestec tratat în aer.

Rezistivitatea curbei *b* se citeşte pe scara din dreapta figurii 1. În ce priveşte curba *b*, cu valori mult mai mari ale rezistivităţii, se preci-

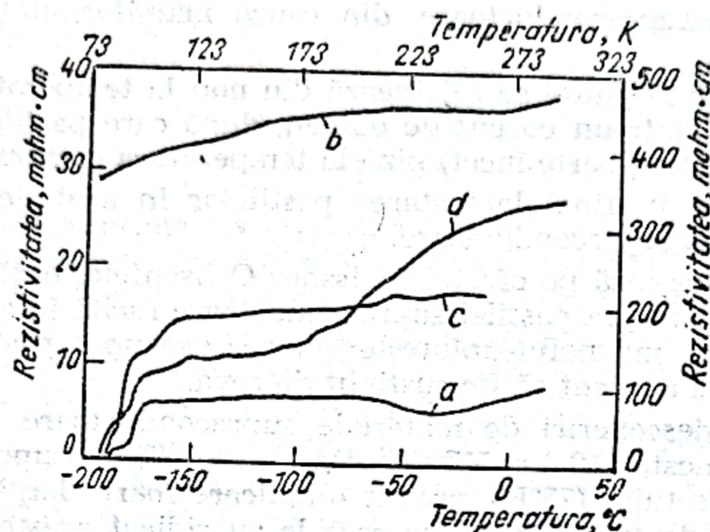


Fig. 9.1. Compararea valorilor rezistivităţii în funcţie de temperatură, pentru diferite amestecuri supra conductoare.

zează că acestea sînt rezultatul oxidabilităţii înalte a aluminiului care alterează oxigenul stoichiometric dorit al fazei supraconductoare 123 şi, în acest fel, suprimă T_c. Fazele cele mai propice pierderilor de oxigen sînt graniţele grăunţilor compoziţiei 123. Adăugîndu-se un donator de oxigen care, la temperaturi înalte, se va descompune degajînd oxigen, acesta va concura la menţinerea oxigenului stoichiometric dorit la graniţe grăunţilor. Aceasta se poate vedea în fig. 1, curba *c*, unde s-a obţinut un T_c în jurul a 90°K, care este comparabilă cu aceea a compoziţiei 123 pure (fig. 9.1, curba *a*). Rezultatele comparabile s-au obţinut şi în cazul cînd amestecul Al/123+Ag_2O (5% în vol) a fost tratat în aer în loc de curent de oxigen.

Înlocuind oxidul instabil din amestec cu o fluorură instabilă de tipul AgF, a avut loc o creştere sensibilă a T_c, care se plasează la 105±5°K, aşa cum se poate vedea pe fig. 2, curba *a*. Această creştere a T_c se crede că ar fi datorată înlocuirii parţiale a oxigenului prin atomi de fluor în sistemul de amestec Al/123. De reţinut că epruvetele (plăcuţele) obţinute în acest fel s-au dovedit a fi instabile în timp, aşa cum se poate observa pe fig. 9.2, curba *b*, care a fost trasată pe baza măsurătorilor efectuate după 24 h (scara rezistivităţii în dreapta figurii). Cercetătorii nu au fost în măsură să dea, deocamdată, o explicaţie acestui fenomen.

În concluzie, se consideră că proprietăţile mecanice şi supraconductive ale acestor amestecuri vor putea fi optimizate prin adăugarea unor cantităţi diferite de Al ori prin înlocuirea Al cu aliaje de Al şi/sau alte metale şi aliaje. Puternicul efect Meissner în amestecul Al/123 (fără tra-

tament termic) promite aplicaţii interesante în domeniile în care nu este absolut necesară rezistivitatea zero.

La conferinţa ştiinţifică din Boston (15.02.1988) s-a anunţat descoperirea unui nou supraconductor de către cercetătorii japonezi (Hiroski Macda — şeful grupei de cercetare).

Noul material, un amestec al elementelor bismut, stronţiu, calciu, cupru şi oxigen, ridică temperatura la care se instalează supraconductibilitatea deasupra a 243°F sub zero (circa 120°K), ceea ce reprezintă un

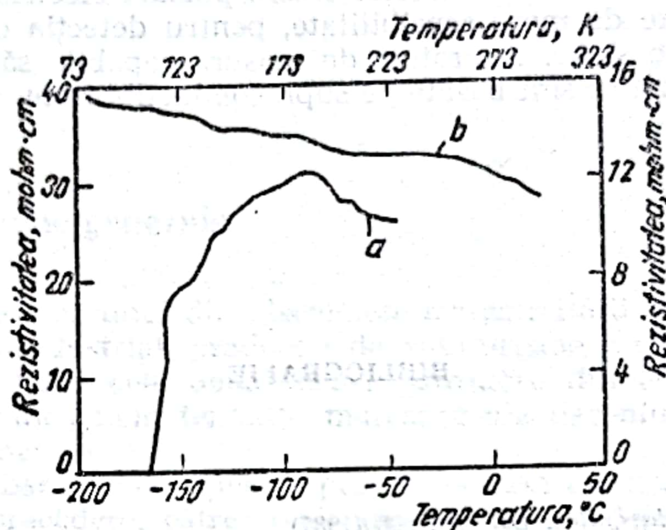


Fig. 9.2. Valorile rezistivităţii în funcţie de temperatură pentru:
a — aliajul Al/123+AgF (5% în vol); *b* — acelaşi aliaj, măsurat după 24 h.

salt mai mare de 50°F deasupra nivelelor atinse cu supraconductorii anteriori. Acest supraconductor se prezintă flexibil, sugerînd posibilitatea că s-ar putea prelucra mai uşor decît alţi supraconductori în fire (sîrmă). Deoarece supraconductorul funcţionează la temperaturi sensibil mai ridicate, el apare a fi superior altor conductori realizaţi pînă în prezent.

Iniţiative recente. Pentru anul fiscal 1988, guvernul japonez a alocat 60 mil. $. Programul, preluat de Superconductivity Advisory Council pentru M.I.T.I. (Ministry of International Trade an Industry) şi de către Advisory Council for Promotion of Superconductor Technology (A.I.S.T.), se desfăşoară sub preşedinţia Dr. Shinrokn Saito, Rector al Universităţii Tehnice din Nagaoko (o autoritate în materie).

Superconductivity Generator Materials Research Association (Super G.M.) are ca obiectiv ca în 4—5 ani să construiască prototipul unui generator pe bază de superconductivitate de 70 MW, iar pînă în 1998 unul de 200 MW. Atingerea acestor obiective este susţinută cu un fond de 200 mil. $.

În ce priveşte utilizarea supraconductibilităţii în spaţiul cosmic se consideră că aceasta va avea aplicaţii şi implicaţii diferite celor de pe pămînt.

Greutatea redusă şi pierderile mici de energie, asociate cu sistema de înmagazinare a energiei supraconductive, fac atractive cercetările în această direcţie. Supraconductivitatea va fi desigur utilizată la călătorii lungi în spaţiul cosmic.

Printre alte aplicaţii posibile în viitor se înscrie şi trenul care să poată circula prin aer deasupra unei şine speciale, pe baza fenomenului de levitaţie magnetică; s-ar obţine viteze considerabil mai mari decît cele actuale. De asemenea, se pot construi maşini de calcul ultrarapide (pe un principiu de funcţionare deja cunoscut). Se pot construi aparate tomografice bazate pe rezonanţa magnetică nucleară, mult mai ieftine.

Poate avansa mai rapid studiul funcţionării creierului, datorită posibilităţilor de a analiza impulsurile nervoase, care sînt curenţi electrici de mică intensitate. Studiul acestor micro-pulsuri electrice se poate face numai cu aparate de mare sensibilitate, pentru detecţia cîmpurilor magnetice extrem de slabe. Aparatele de măsură capabile să măsoare astfel de cîmpuri magnetice sînt bazate pe supraconductibilitate.

BIBLIOGRAFIE

1. M. K. WU ş.a. *Phys. Res. Lett* *58*, 908 (1987).
2. IN-GANN ş.a. *U. S. Patent aplication Nr. 772-039-6* (2 noiembrie 1987).

10
Noi materiale pentru industria de automobile

Dr. ing. *Marin Mitrache*
Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automobile

1. Probleme generale

Considerată ca unul din „barometrele" activității economice din statele dezvoltate industrial, producția de autoturisme a cunoscut restructurări profunde după cele două șocuri petroliere din anii 1973—1974 și 1979—1980. Principalele tendințe marcante ale deceniului actual în industria auto sînt:

1) Schimbarea concepției de produs — prin orientarea marilor constructori, cu precădere, către: realizarea de noi modele de clasă medie; eficientizarea autoturismului prin creșterea randamentului de utilizare a combustibilului și scăderea consumului de carburant; creșterea performanțelor dinamice ale vehiculelor; diversificarea echipamentelor de securitate, depoluare, confort și asistare a conducerii.

2) Modificări radicale ale tehnicilor și tehnologiilor de fabricație, care permit reducerea consumurilor de materiale, energie și a manoperei, creșterea substanțială a productivității muncii.

3) Conturarea unor strategii la nivel de grup industrial sau companii transnaționale în scopul penetrării sau menținerii pe piețele majore de desfacere.

Concomitent cu modificările ce s-au produs în conceperea autoturismului au loc *mutații* importante în domeniul materialelor, tehnologiilor și utilajelor care asigură fabricația acestora. Subordonate, în principal, necesității de reducere a greutății (deci a consumului de carburant), ca și a unor considerente stilistice, estetice, dar și de durabilitate — aceste mutații au luat caracter de tendință, fiind considerate tipice pentru etapa actuală și cea imediat următoare din evoluția autoturismului pe plan internațional.

Dacă înainte, introducerea noilor materiale în industria de automobile avea drept scop de a permite constructorilor să răspundă la trei imperative: performanțe tehnice; costul piesei; stilul autoturismului, criza petrolului a introdus două imperative noi: conținutul energetic global; micșorarea greutății.

Reducerea greutății autoturismului a constituit astfel, în ultimii ani, un deziderat major pentru proiectanții și constructorii acestui produs. În principiu această reducere poate fi obținută pe două căi: 1) reducerea dimensiunilor exterioare — dar conservînd habitabilitatea (în cazul caroseriei) și 2) substituirea materialelor de construcție tradiționale — oțelul

— prin materiale mai ușoare — dar cu proprietăți mecanice, de termorezistență etc. adecvate (atît în cazul caroseriei cît și pentru agregatele mecanice).

În același timp însă, concurența puternică de pe piața internațională între firmele constructoare de autoturisme impune producătorilor fabricarea unor produse competitive și sub alt aspect important: fiabilitatea și durabilitatea autoturismului și componentelor — fapt ce a condus la impulsionarea cercetării și aplicării în producția de serie a noi materiale care să corespundă în acest sens.

Un alt factor major, cu influență puternică asupra domeniului discutat, îl constituie reglementările naționale și internaționale privind protecția mediului și securitatea pasagerilor și a traficului. Un exemplu în acest sens îl constituie reglementările EPA — S.U.A. privind limitarea efectelor poluării chimice a mediului de către automobile, reglementări preluate sau avute în vedere pentru a fi aplicate și pe alte piețe cu mare potențial de absorbție (Canada din anul 1987, Piața Comună din anul 1989). Aceste reglementări au stat la baza dezvoltării echipamentelor de alimentare cu combustibil bazate pe injecție de benzină, comandată electronic, avînd înglobat un sistem de control electronic al emisiilor poluante. De asemenea, s-a dezvoltat o piață puternică pentru sistemele de depoluare (catalizatori speciali, echipament mecanic adecvat etc.). În toate aceste cazuri a fost și este necesară inovarea în domeniul materialelor.

În sfîrșit, un ultim element cu incidență în dezvoltarea de noi materiale în industria auto îl constituie necesitatea eficientizării grupului motopropulsor și/sau dezvoltarea de sisteme de propulsie alternative față de cele tradiționale larg utilizate. Aici se încadrează cercetările pe termen lung privind utilizarea materialelor ceramice în construcția motoarelor de mici dimensiuni, în special motorul cu turbină (Brayton), pentru care se întrevăd perspectivele cele mai optimiste privind înlocuirea motoarelor de tip Otto sau Diesel.

Studiile prospective întreprinse de organisme sau organizații specializate (O.E.C.D., Laboratoarele Pasadena, Universitatea Michigan, I.N.S.E.E. Franța etc.) arată că automobilul, în următorii 20—30 ani, va predomina ca mijloc de transport individual în țările dezvoltate industrial. Acest fapt a stimulat activitatea sectoarelor angrenate în cercetări pe termen lung afectate acestei ramuri industriale. Dar cîțiva factori — între care costurile adecvate proprietăților tehnice, cerințele de energie, calitatea, tehnologicitatea în fabricație, reglementări de securitate și poluare, fiabilitate etc. — conduc la implementarea treptată a noilor materiale și tehnici de producție, fiind necesare, așa cum am subliniat, cercetări pe termen lung în acest domeniu.

Pentru țările care au creată o industrie națională de autoturisme (incluzînd producția de materiale, componente, subansambluri și de montaj de autoturisme) dezvoltarea acestora în perspectivă are efecte favorabile la scara economiei naționale datorită faptului că:

— crează unități de producție și cercetare de înaltă tehnicitate, promotoare și propagatoare de progres tehnic;

— industria de autoturisme este o ramură mai puțin consumatoare de resurse cu caracter restrictiv în comparație cu alte sectoare ale economiei; în schimb produsele foarte elaborate, de înaltă complexitate tehnică, ale acestei ramuri sînt caracteristice creșterii economice de tip intensiv;

— autoturismul constituie unul din cele mai eficiente produse destinate exportului, avînd în vedere proporţia ridicată de valoarea adăugată;

— industria de autoturisme, avînd rol de propagator de progres tehnic în economie, este implicată în acelaşi timp în crearea sau extinderea considerabilă a unor sectoare conexe producătoare de venit naţional, cel mai puternic exemplu constituindu-l serviciile cu caracter productiv;

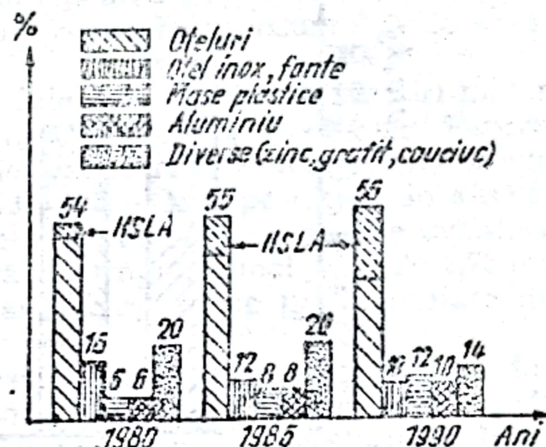


Fig. 10.1. Evoluţia ponderii materialelor în construcţia auto pe perioada anilor 1980—1990 (media mondială a ţărilor industrializate) [2].

— dezvoltarea unor sectoare proprii de cercetare şi producţie constituie un avantaj comparativ în cadrul relaţiilor şi diviziunii internaţionale a muncii.

2. Stadiul actual şi tendinţe pe plan mondial în domeniul materialelor pentru automobile

Înainte de criza petrolului, materialele feroase constituiau circa 75% din greutatea unui autoturism convenţional. Cerinţele de creştere a eficienţei energetice şi de reducere a greutăţii au impus o schimbare substanţială în gama de materiale utilizate. În fig. 10.1 se arată evoluţia ponderii materialelor în construcţia auto în perioada 1980—1990 (media anuală a ţărilor industrializate) [2]. După cum se vede, metalele feroase vor mai contribui în anii '90 cu un procent de 65% din greutatea automobilului, cedînd locul aluminiului, maselor plastice, compozitelor şi altor materiale noi.

3. Aluminiul şi aliajele sale

După un studiu efectuat de firma Audi [19], înlocuirea oţelului cu aluminiu în construcţia de automobile duce pe lîngă reducerea greutăţii proprii şi la reducerea energiei totale necesare construirii unui autoturism. În fig. 10.2 se arată cîştigurile de greutate proprie şi energia consumată prin aplicarea tehnologiilor avansate în fabricarea automobilelor.

Reducerea greutăţii proprii a autoturismelor prin utilizarea aluminiului. În general, o piesă din aluminiu de 1 kg înlocuieşte o piesă de 2,2 kg din metal feros. Reducerea de greutate directă este deci de 1,2 daN. Dar, uşurarea unei părţi atrage după sine şi uşurarea altor părţi ale auto-

turismului. De exemplu, micşorarea greutăţii motorului atrage după sine şi uşurarea transmisiei, suspensiei şi părţii rulante. Reducerea de greutate indusă, după studii făcute în S.U.A., este de 0,5 daN. Deci utilizarea a 1 kg de aluminiu reduce masa proprie a automobilului cu 1,7 kg.

Reducerea consumului de combustibil al autoturismului prin reducerea greutăţii proprii a acestuia. Experienţele făcute în S.U.A., Japonia,

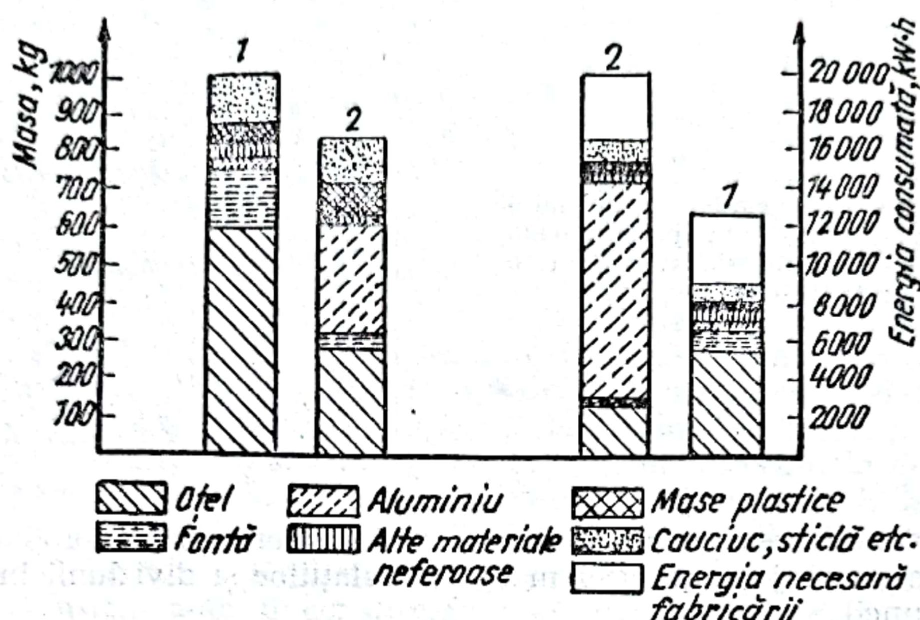


Fig. 10.2. Implicaţiile înlocuirii oţelului cu aluminiul în construcţia automobilelor (Studiu AUDI, în: ATZ, nr. 4, 1981): *1* — autoturism de referinţă; *2* — autoturism de tehnologie avansată

Europa au scos în evidenţă legătura între reducerea de greutate proprie şi reducerea de consum de combustibil, de forma:

În oraş Δ consum (l/100 km)=—0,009 Δ greutatea proprie [kg];

În afara oraşului Δ consum (l/100 km)=—0,003 Δ greutatea proprie [kg].

Ecuaţia generală, 1/3 oraş+2/3 în afară, este Δ consum (l/100 km)= =—0,005 Δ greutatea proprie.

Amortizarea investiţiei energetice prin utilizarea aluminiului la fabricarea autoturismelor. Considerînd un parcurs mediu de 120 000 km pe durata de viaţă a autoturismului, pînă la reciclare, economia de carburant E prin utilizare a 1 kg de aluminiu este

$$E=0{,}005\times1{,}7\times1\,200\times4{,}82=49{,}2 \text{ kWh}.$$

S-a considerat că dintr-un litru de combustibil se obţin 4,82 kWh.

După un studiu prezentat de Jean Loius Mozodier în „Inginieurs de L'automobile" nr. 8, decembrie 1980, conţinutul energetic (kWh/kg) al produselor din aluminiu, comparativ cu al celor din fontă şi oţel se prezintă astfel:

— Piesă turnată (prima fuziune) 25,36;
— Piesă turnată (a doua fuziune) 5,06;
— Piesă turnată (35% prima fuziune+65% a doua fuziune) 12,17;
— Tablă de aluminiu 23,73;

— Profile de aluminiu 24,04;
— Fontă nouă 3,00;
— Fontă sintetică pentru cartere 1,93;
— Tablă de oțel 5,90.

Cu aceste date se poate calcula amortismentul energetic în cazul promovării aluminiului în construcția de autoturisme (tabelul 10.1). Rezultă că energia suplimentară consumată pentru producerea unui kg de aluminiu este compensată în timp prin reducerea consumului de combustibil.

În studiul [3], se arată avantajele înlocuirii unui bloc cilindri motor din fontă cu un bloc din aliaj de aluminiu turnat sub presiune. Pentru aceeași productivitate de 180 bucăți blocuri pe oră se obțin următoarele avantaje: un consum de energie de 6,62 ori mai mic pe piesa din aluminiu turnată și de 6,2 ori mai mic pe piesa prelucrată; o putere instalată mai mică de 2,4 ori; o suprafață necesară la turnătorie mai mică de 1,73 ori și la prelucrare mai mică de 2,5 ori și o creștere de productivitate de 1,75 ori.

Autoturismele de cercetare, ce prefigurează pe cele care se vor fabrica după anul 2000 (EVE, VERA, Audi 2000, Ford Probe IV; Nissan XI etc.), vizează, pentru scăderea în continuare a greutății acestora, pe lîngă utilizarea aliajelor de magneziu pentru confecționarea organelor mecanice și utilizarea tablelor de aluminiu pentru caroserii. Utilizarea tablelor de

Tabelul 10.1. **Amortismentul energetic în cazul utilizării aluminiului în construcția de autoturisme**

Piesă nouă din aluminiu	Piesă veche înlocuită	Investiția energetică suplimentară pentru 1 kg de aluminiu (*I*), kW/kg Al	Amortismentul pe durata de viață a autoturismului (120 000 km) (*A*) kW/kg Al	Raportul *A/I*
Piesă turnată din aluminiu de primă fuziune	Fontă	+20,18	49,2	2,43
Piesă turnată din 35% Al de primă fuziune și 65% Al de a doua fuziune	Fontă	+6,93	49,2	7,09
Piesă turnată din 35% Al de primă fuziune și 65% Al de a doua fuziune	Tablă de oțel	+2,14	49,2	23
Profile de aluminiu	Tablă de oțel	+14	49,2	3,5
Tablă de aluminiu	Tablă de oțel	+13,70	49,2	3,59

aluminiu este legată însă de punerea la punct a unor tehnologii productive de asamblare și tehnologii de protecție.

În anul 1986 firmele Alcoa (Aluminiu Company of America) producătoare de aluminiu și Audi, producătoare de autoturisme au prezentat un prototip de autoturism Audi, utilizînd maximum de aluminiu pentru confecționarea caroseriei. Prototipul cîntărește cu 288 livre (130,46 kg) mai puțin decît aceeași structură din oțel.

Deși se arată că mai este mult de lucru în această direcție, se citează cîteva rezultate pozitive și anume:

1) Rezistența la deformații a panourilor exterioare ale caroseriei este superioară celei actuale din oțel.

2) Cele 328 livre (148,6 kg) de aluminiu utilizate pentru prototip înlocuiesc 616 livre (279 kg) de oțel. Chiar dacă producerea aluminiului cere mai multă energie ca producerea oțelului, această diferență este recîștigată după un parcurs de 16 000 km, grație reducerii consumului de combustibil. Reciclarea aluminiului din aceste automobile va permite să se economisească energie și resurse naturale.

În cadrul proiectelor Eureka se regăsesc teme ca: Dezvoltarea tehnologiei de sudare a aliajelor de aluminiu prin fascicule electronice și laser și dezvoltarea de materiale compozite stratificate, pe durata a 4 ani, la cost de 15 mil. ECU, cu participarea țărilor Danemarca și R.F.G.

Ponderea aluminiului utilizat în construcția autoturismelor românești este de circa 4% la autoturismele Dacia și de circa 4,5% la autoturismele Oltcit. Pentru autoturismele Dacia de perspectivă există soluții constructive pentru subansamble din aluminiu, care se constituie ca soluții de rezervă.

4. Oțelurile speciale

În prezent, pe plan mondial, se înregistrează o tendință de diversificare a fabricației de produse plate cu grosime mică și medie, destinate prelucrării prin deformare plastică la rece, pentru confecționarea caroseriilor și pieselor auto. O sinteză a cerințelor de utilizare, ca și a cerințelor tehnice impuse produselor pentru deformarea la rece este prezentată, după [4], în tabelul 10.2.

Oțeluri de înaltă rezistență. Pentru a răspunde cerințelor de reducere a greutății proprii a automobilelor s-au dezvoltat noi tipuri de oțeluri. Paralel cu îmbunătățirea caracteristicilor oțelurilor convenționale (prin aplicarea de procedee de: finisarea granulației, durificarea soluției solide, durificarea prin precipitare) s-au pus la punct procedee de obținere a oțelurilor carbon laminate la rece cu recristalizare parțială (rezistența de rupere 700—950 MPa) și a oțelurilor bifazice (rezistența de rupere 500—700 MPa). *Costul mai ridicat* cu circa 15%, respectiv 40% al acestor oțeluri (datorită investițiilor suplimentare necesare) este *compensat* prin reducerea cu circa 20% a greutății proprii a pieselor). Se prevede o extindere rapidă a utilizării acestor oțeluri în construcția caroseriilor și a părților de șasiu auto.

Un studiu publicat de ATA nr. 2, 1982 prevede următoarea prognoză: 1% în 1980; 20% în 1985 și 43% în 1990 din greutatea caroseriilor auto va fi constituită din oțel bifazic, datorită calităților deosebite de prelucrare prin deformare ale acestuia.

Tabelul 10.2. **Cerințe și condiții tehnice pentru produsele destinate deformării la rece**

Cerințe impuse de utilizare	Condiții tehnice pentru produse destinate deformării la rece	Tipuri de produse siderurgice utilizate
Greutate proprie mică și rigiditate mare	Rezistență mare Plasticitate mare Grosime uniformă	Table din oțeluri de rezistență mare
Rezistență la coroziune în condiții de mediu date	Rezistență la coroziune Calitate fină a suprafeței (pentru produsele cu suprafața protejată)	Table acoperite (zincate, aluminizate etc.)
Funcționare în gaze calde	Rezistență la cald	Table din oțeluri slab aliate sau inoxidabile

Variația rezistenței la deformare cu alungirea la rupere și reducerea de masă, la diversele tipuri de oțel, utilizate la confecționarea pieselor de caroserii auto este redată în fig. 10.3.

În cazul oțelului se potrivește foarte bine conceptul unui expert francez despre „materialul nou", ca acel material ai cărui parametri de

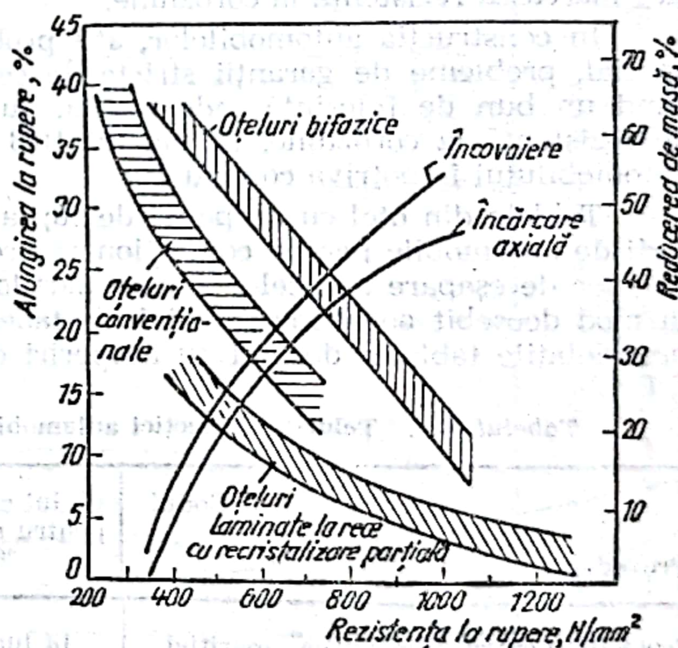


Fig. 10.3. Variația rezistenței la rupere cu alungirea la rupere și reducerea de masă la diverse tipuri de oțeluri utilizate la confecționarea caroseriilor auto.

fabricație și prelucrare relevă proprietăți nevalorificate pînă în prezent, ducînd la îmbunătățirea și reînnoirea calitativă a pieselor executate din materialul respectiv.

În prezent metalurgia pune la dispoziția constructorilor de automobile următoarele tipuri de table de oțel de înaltă rezistență:

— table renitrurate (cu îmbătrînire controlată, rezistența circa 400 MPa);

— table parţial recristalizate (incomplet recoapte, păstrînd un ecruisaj rezidual, cu rezistenţa circa 700 MPa);

— table cu dispersoid (oţeluri extra moi aliate cu Ti, Va, Nb, cu limita elastică între 400—600 MPa);

— table refosforate (tablele clasice refosforate au limita elastică 340 MPa);

— table bifazice (elaborate pornind de la oţeluri cu structură ferito-martensitică, cu limita elastică crescînd prin ecruisaj pînă la 700 MPa);

— table elaborate cu recoacere continuă (altele decît cele bifazice).

La noi în ţară, Combinatul Siderurgic Galaţi a început să producă tablele din oţel microaliat, denumite „*Soldur*". Tablele „Soldur", laminate la cald, au rezistenţa la deformare între 280 şi 540 MPa, iar cele laminate la rece între 220—460 MPa. Alungirea la rupere a acestora variază între 30 şi 15%, ceea ce limitează domeniul lor de utilizare. Institutul de Cercetări Metalurgice a obţinut, în staţia pilot, fîşii de tablă, din care au fost confecţionate braţe de suspensie pentru Dacia 1300, cu foarte bune rezultate.

Table de oţel protejate. Oţelul, ca material, oferă un număr mare de avantaje, începînd cu posibilităţile de prelucrare şi continuînd cu rezistenţa ridicată şi cu economicitatea. Aceasta explică larga lui utilizare în multe domenii şi în construcţia de automobile.

Totuşi oţelul are marele dezavantaj că poate rugini, ceea ce a dus la restrîngerea ariei de aplicare în unele domenii şi la necesitatea de a pune la punct tehnologii pentru obţinerea de acoperiri de suprafaţă care să-i mărească rezistenţa la coroziune.

În construcţia automobilelor, atît probleme de estetică, dar în mod special, probleme de garanţii stricte de securitate în timp, automobilul fiind un bun de folosinţă îndelungată, au impus condiţii foarte severe de rezistenţă la coroziune. În tabelul 10.3 sînt redate ţelurile protecţiei automobilului împotriva coroziunii.

Tablele din oţel cu acoperiri de suprafaţă sînt utilizate de constructorii de automobile pentru confecţionarea rezervoarelor de benzină, a sistemelor de eşapare a gazelor arse, a părţilor de caroserie şi şasiu expuse în mod deosebit agenţilor corozivi. În tabelul 10.4 se prezintă, după [6], proprietăţile tablelor de oţel cu acoperiri de suprafaţă impuse de fabri-

Tabelul 10.3. **Ţelurile protecţiei automobilului împotriva coroziunii**

Codul / Prevederea	Codul canadian, pentru modelele '81	Codul nordic '83	Viitoarele prevederi
Protecţie pentru prevenirea apariţiei ruginei	18 luni sau 60 000 km	3 ani	5 ani
Protecţie pentru prevenirea perforării	60 luni sau 200 000 km	6 ani	10 ani
Protecţie pentru prevenirea coroziunii elementelor de structură	72 luni sau 240 000 km	—	—

Tabelul 10.4. **Table de oțel acoperite utilizate în industria de automobile [9]**

		Ambutisabilitate	Sudabilitate	Capacitate de lipire	Finisare prin vopsire	Rezistența la coroziune	Rezistența la temperatură ridicată	TA—Zn	TA—Fe—Zn	TE—Zn	TE—aliaj Zn	Ta—Zn—Al	Za—Pb—Sn	TA—Al
Elemente	Panouri exterioare ale caroseriei	×	×		×	×		×	×	×	×			
	Panouri interioare	×	×			×		×	×	×	×			
	Elemente de structură	×	×			×		×	×					
	Interioare	×			×						×			
	Rezervor de combustibil	×	×	×		×				×	×		×	
	Sistem de evacuare					×	×	×				×		×

Notații: TA—Zn — tablă de oțel acoperită cu zinc prin imersie în baie caldă; Ta—Fe—Zn — tablă de oțel acoperită prin imersie cu aliaj Fe—Zn; TE—Zn — tablă acoperită electrochimic cu Zn; TE—aliaj Zn — tablă de oțel acoperită electrochimic cu aliaj de zinc; TA—Zn—Al — tablă de oțel acoperită la cald cu aliaj Zn—Al; TA—Pb—Sn — tablă de oțel acoperită cu Pb—Sn prin imersie la cald; TA—Al — tablă de oțel acoperită cu aluminiu prin imersie la cald.

Tabelul 10.5. **10.5. Table din oțel acoperite. Produse în Japonia**

Clasificare		Acoperirea și dimensiunea / Metoda de producție	Structura stratului	Masa acoperirii	Modul de acoperire	Dimensiunile disponibile maxime, mm	
						Grosime	Lățime
Table acoperite cu Zn	Acoperire prin imersie la cald	Table acoperite cu zinc prin imersie la cald	Zn; Metal de bază	Z12—Z60 conform cu JIS 45—120 g/m² (o parte nominal) neconform cu JIS	Ambele părți O parte	6	1,880
		Table (galvanizate) din aliaj fier-zinc, prin imersie la cald	Aliaj Fe-Zn; Aliaj Zn-Fe; Metal de bază	30—90 g/m² (o parte, nominal)	Ambele părți O parte	6	1,880
		Table acoperite cu zinc prin cufundare la cald cu o parte cu aliaj și cealaltă parte de tip nealiat	Aliaj Fe-Zn; Metal de bază; Zn	30—60/90—150 g/m²	Ambele părți	2,3	1,880
		Table acoperite cu aliaj din Zn—Al, prin cufundare la cald	Zn-Al(5%); Metal de bază; Zn-Al(55%); Metal de bază	60—200 g/m² (ambele părți, nominal)	Ambele părți	2,3	1,219
	Acoperire electrolitică	Table acoperite electrochimic cu zinc	Zn; Metal de bază	3 sub 10 g/m² 10—50 g/m² (o parte nominal)	Ambele părți O parte	4,5	2,080
		Table acoperite electrochimic cu aliaj de zinc	Zn-Fe, Zn-Mo-Co sau Zn-Ni (aliaje); Metal de bază	10—40 g/m² (o parte, nominal)	Ambele părți O parte	2,3	2,080

Table aluminizate	Acoperire prin imersie la cald	Table aluminizate	Aliaj Al-Si; Metal de bază	40—150 g/m² (ambele părți, nominal)	Ambele părți O parte	2,5	1,250
Table acoperite cu plumb-cositor	Acoperire prin imersie la cald	Table acoperite cu plumb-staniu	Aliaj Pb-Sn; Metal de bază	75—150 g/m² (ambele părți, nominal)	Ambele părți	2,0	1,219
Table placate cu cupru	Acoperire electrolitică	Table placate cu cupru	Cu; Metal de bază	27—134 g/m² (o parte, nominal)	Ambele părți	2,3	935
Placare cu cositor	Acoperiri electrolitice și prin imersie la cald	Placare cu cositor	Sn; Metal de bază	2,8—16,8 g/m² (o parte, nominal)	Ambele părți	0,60	965
Oțel fără cositor	Acoperire electrolitică	Oțel fără cositor	Oxid de crom; Crom metalic; Metal de bază	—	Ambele părți	0,60	965
Table cu acoperire organică	Acoperire și laminare	Table prevopsite acoperite cu zinc prin imersare la cald Table cu acoperire PCV Table decorative Table preacoperite Table inox prevopsite	Rășină organică; Zn, Zn-Ni, Zn-Al sau Zn-Fe; Metal de bază	—	Ambele părți O parte	1,6	1,400
		Table acoperite cu compuși organici	Peliculă specială; Zn sau Zn-Ni; Metal de bază	1—5 μm	O parte	1,6	2,080

cația de automobile și tipuri îmbunătățite de table din oțel acoperite, care pot întruni cerințele respective.

O dezvoltare recentă în acest domeniu este tabla din oțel cu rezistență înaltă, acoperită, care are o ambutisabilitate excelentă și în același timp rezistență la coroziune. Datorită rezistenței sale mari, aceasta poate fi subțire, reducînd astfel greutatea proprie a autoturismului.

Începînd cu anul 1987, firma Citroën confecționează întreaga caroserie a autoturismului BX, mai puțin pavilionul, din tablă de oțel acoperită termic la cald.

În tabelul 10.5 sînt prezentate table de oțel acoperite, fabricate în Japonia [6].

La noi în țară Combinatul Siderurgic Galați a început să producă table acoperite termic cu zinc. Protecția poate fi pe o singură față sau pe ambele fețe. Se fabrică următoarele tipuri: Z 70 (70—90 g/m^2); EZ 90 (90—110 g/m^2) și EZ 140 (140—160 g/m^2). În perspectivă, tot la Galați urmează a se realiza benzi și table laminate la rece, pentru ambutisare, cu conținut de carbon sub 0,2% acoperite cu aluminiu prin imersie la cald. Se preconizează să se producă: table cu grosimi de 0,2—1,5 mm, cu lățimi de 150—1 500 mm, lungime de maximum 2 000 mm și cu depuneri de minim 60 g/m^2 și maximum 200 g/m^2 pe ambele fețe, respectiv cu grosimi între 22 μm și 74 μm.

5. Mase plastice

Extinderea utilizării maselor plastice în construcția autoturismelor are la bază diversele proprietăți fizico-mecanice și chimice ale acestora și anume: greutate volumică mică în raport cu oțelul și fonta și caracteristici mecanice relativ bune; izolare sonoră bună; consum de energie pe unitatea de volum mai mic decît oțelul; prelucrabilitate ușoară, chiar în forme geometrice complexe și aspectuoase (se pretează la procese tehnologice de înaltă productivitate); rezistență mare la coroziune; reciclare cu consum minim de energie și altele.

Așa după cum rezultă din fig. 1, ponderea maselor plastice va crește de la circa 6% în anul 1980 la 12% în anul 1990. Pentru S.U.A., un studiu elaborat de „Predicast Research Group“ prevede pentru anul 1995 că, masele plastice vor reprezenta 20% din greutatea totală a unui autoturism, deci în medie 225 kg [8].

În fig. 10.4 este redată proporția și locul de utilizare al diverselor tipuri de mase plastice în construcția automobilelor europene la nivelul anului 1980 (prelucrare după [9]). După o prognoză elaborată de ICI pentru consumul de materiale plastice în Europa occidentală, rezultă că industria automobilelor va consuma în anul 1990 circa 1484 mii tone față de 723 mii tone în anul 1980.

Creșteri importante se vor înregistra la: poliuretani; polipropilene; poliesteri; poliamide; policarbonați și altele [10].

Prin înlocuirea unor elemente de caroserie (aripi, uși, fustă față și spate, capote, pavilion), cu elemente confecționate din mase plastice, se obține un cîștig de greutate de 20—40%. Dacă se ține seama și de reducerea de greutate indusă, se poate obține o reducere de ordinul a 30—

50%. Utilizarea maselor plastice, datorită prelucrabilității bune, poate reduce numărul de repere.

Caroseria autoturismului Citroen ECO 2000 are 85 de repere, față de cele 288 repere ale autoturismului GSA al aceleiași firme.

Masele plastice se utilizează și la confecționarea reperelor de securitate. Autoturismul ECO 2000 are jantale din rășini sintetice, cu o reducere de greutate de 63%.

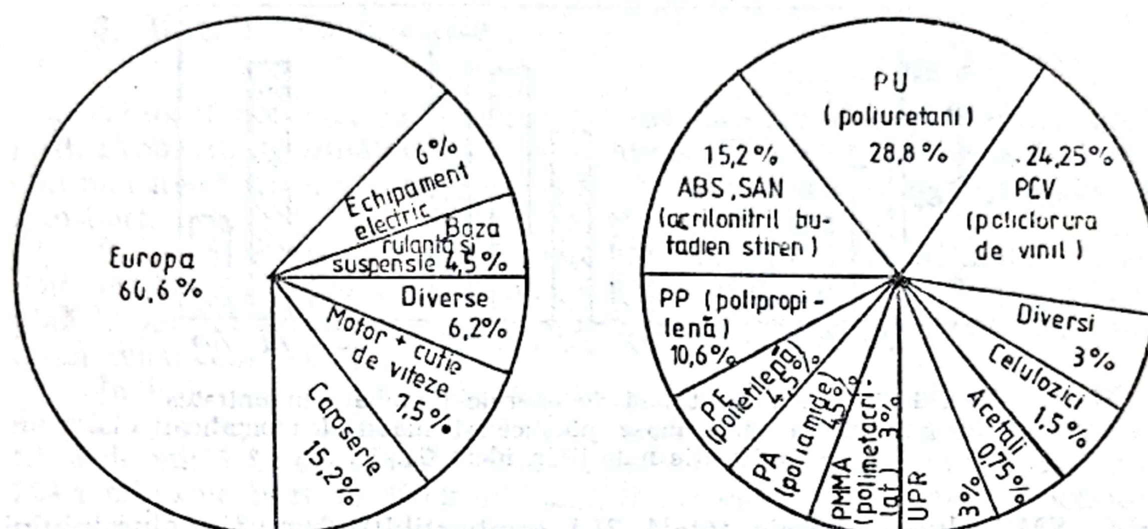


Fig. 10.4. Proporția și locul de utilizare al diverselor tipuri de mase plastice în construcția automobilelor europene la nivelul anului 1980.

Utilizarea maselor plastice în construcția automobilelor duce la reducerea consumului de energie necesar obținerii maselor plastice, fabricării pieselor și exploatării automobilului. În fig. 10.5 și fig. 10.6 se redau

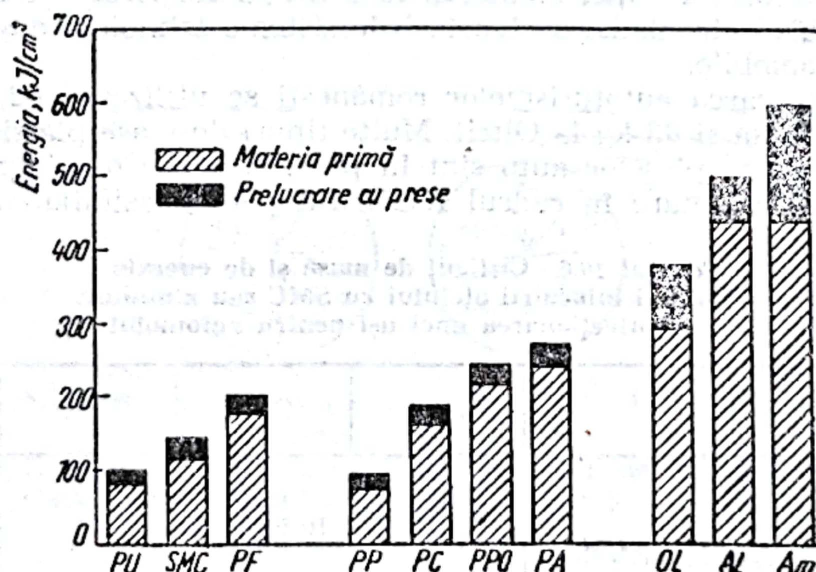


Fig. 10.5. Cantitatea totală de energie înglobată în unitatea de volum a unor mase plastice și materiale metalice: *PU* — PU : MDI; *SMC* — SMC+30% sticlă; *PF* — fenol formaldehidă; *PP* — polipropilenă+30% sticlă; *PC* — policarbonat+40% sticlă; PPO — PPO modificat cu 30% sticlă; *PA* — nylon 6.6+33% sticlă; *OL* — oțel; *Al* — aliaj de aluminiu turnat; *Am* — alamă.

consumul total de energie pe unitatea de volum, respectiv pe unitatea de greutate, pentru cîteva mase plastice și metale. În tabelul 10.6 este redat, prelucrat după [11], cîștigul de masă și energie în cazul în care se înlocuiește ușa unui automobil confecționat din oțel (clasică) cu o ușă confecționată din SMC (poliester cu fibre de sticlă de 25 mm neorientate, curent utilizat în industria auto) sau cu o ușă confecționată din tablă de aluminiu. Rezultă că per total, bilanțul energetic este în favoarea utili-

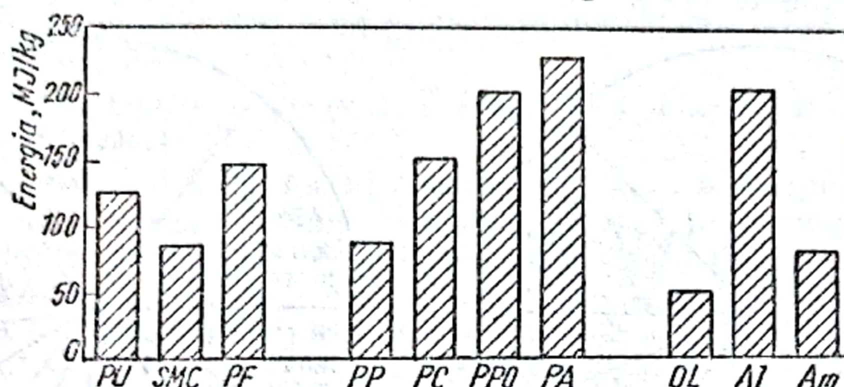


Fig. 10.6. Cantitatea totală de energie înglobată în unitatea de greutate a unor mase plastice și materiale metalice: semnificația notațiilor, idem fig. 10.5.

zării SMC-ului economie totală 31 l combustibil) respectiv aluminiului (economie totală 14 litri combustibil). Dacă se ține seama și de faptul că SMC-ul nu se degradează prin coroziune și că izolează mai bine vibrațiile, utilizarea lui este și mai avantajoasă.

Dacă se ține seama că tehnologia maselor plastice abia a început să se dezvolte, există posibilități nelimitate pentru rășinile termoplastice de mare performanță. Găsirea de noi aplicații depinde de activitatea de cercetare-dezvoltare și experimentare, dusă într-o cooperare strînsă de către chimiști, electroniști, constructori de sisteme tehnologice și constructorii de automobile.

La fabricarea autoturismelor românești se utilizează 62,2 kg mase plastice la Dacia și 83 kg la Oltcit. Multe tipuri de mase plastice utilizate la confecționarea pieselor auto sînt în prezent aduse din import. Există programe de cercetare în cadrul ICECHIM pentru asimilarea în țară a

Tabelul 10.6. **Cîștigul de masă și de energie în cazul înlocuirii oțelului cu SMC sau aluminiu la confecționarea unei uși pentru automobil**

	U.M.	Oțel	SMC	Aluminiu
Masa unei uși	kg	11,2	7,3	4,5
Cîștig în ușurare	%	Referință	35	60
Conținut în energie al materialului	kWh/kg	5,9	9	23,73
Bilanț energetic de fabricație	kWh	114,47	84,35	241
Bilanț energetic de utilizare pe 120 000 km	kWh	Referință	—112,78	—193,76
Bilanț energetic total pentru 120 000 km	kWh	Referință	—149,9	—67,23
Echivalent litri combustibil		Referință	31,1	13,95

maselor plastice tehnice (poliacetali homopolimeri și copolimeri; ABS antișoc, termorezistent, suprașoc, modificat cu policarbonat; Polipropilene modificate cu făină de lemn, cu cauciuc EPDM; cu fibră de sticlă; Poliuretani, spume rigide și semirigide, spume integrale, spume flexibile cu portanțe diferențiate; spume convenționale; Poliamide 6.6 neranforsate și ranforsate cu fibră de sticlă; Poliamidă 11 și altele).

6. Materiale compozite

Viitorul apropiat al maselor plastice armate este extrem de optimist. Probabil, în următorii ani, rata anuală de creștere să fie peste 8,5%. Cea mai mare parte va continua să fie cea a construcțiilor mijloacelor de transport.

În următorii 10—15 ani, firmele aeronautice vor folosi materiale armate cu fibre de carbon, aramidice, bor sau alte materiale. Se prevede că pînă în anul 1990 materialele compozite vor reprezenta circa 65% dintr-un avion comercial [12].

În industria de automobile, materialele compozite *armate cu fibră de sticlă* au deja o utilizare largă [13]. Consumul de compozite armate cu fibră de sticlă în construcția de automobile va crește în anul 1987 de la 224,4 milioane livre la 399,2 milioane livre; locul de utilizare al acestora este arătat în fig. 10.7. Firmele Menzolit și Matra au pus la punct rețeta unui material compozit prelucrabil prin presare cu efort scăzut (1,5 MPa și temperatură 120°C), destinat pentru piese de automobil și alte utilizări.

Înlocuirea elementelor metalice din caroseria autovehiculelor cu materiale compozite armate cu fibre aramidice (Kelever 49), micșorează masa acestora cu pînă la 60%, permițînd să se economisească combustibilul.

Sînt încercări de a se realiza din materiale compozite chiar și *motoarele*. Firma americană „Polimer Research Inc." a realizat un motor din mase plastice armate, mai puțin arborele cotit, arborele de distribuție,

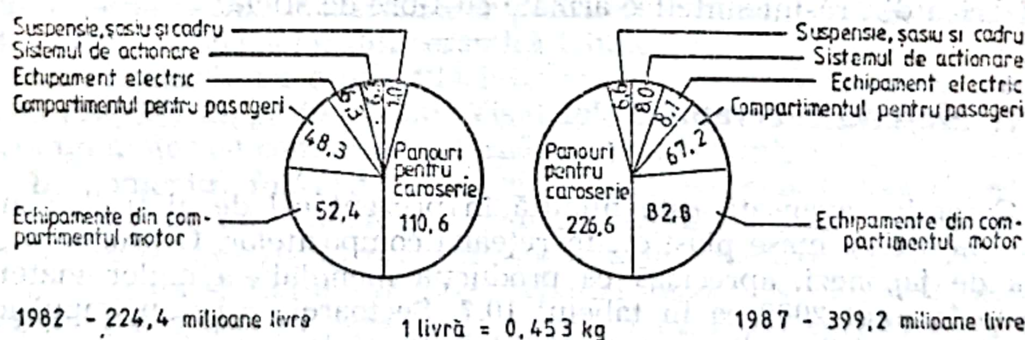


Fig. 10.7. Consumul de materiale compozite armate cu fibre de sticlă în construcția automobilelor [după Design News (S.U.A.), nr. 19, nr. 38, oct. 1982].

cămășile de cilindri, arcurile de supape și camerele de ardere. Au fost folosite patru tipuri de mase plastice armate cu fibre de sticlă și carbon. Motorul a funcționat 100 h la 3 000 rot/min.

Firma Toyota-Motor încearcă pistoane și biele de motor pentru automobile din materiale compozite cu matrice alumino-silicatică, armată cu fibre scurte de Al_2O_3 [14].

În cadrul Eureka se dezvoltă programul Carmat 2000 unde grupul Peugeot este șef de filială. Obiectivul pe care Peugeot îl urmărește în cadrul programului Carmat 2000 este producerea unui vehicul construit pornind de la materiale noi compozite și metalice, care să-i confere prestații îmbunătățite, stopînd costurile industriale. Se vizează în mod deosebit caroseria. Acest obiectiv, foarte ambițios, impune stăpînirea simultană a parametrilor interdependenți: material, procedee, concepte, fabricație. Acest proiect prezenta următoarele caracteristici originale:

1) Metoda de lucru se va traduce nu prin studii de compozite, ci printr-o apropiere totală a firmelor producătoare de automobile, care să ducă la un vehicul complet;

2) Mobilizator și federator, acest proiect reunește, în jurul firmei Peugeot, 14 parteneri (firme) industriali din șase țări diferite, toți lideri în specialitățile respective: DSM (Olanda); ICI — Marea Britanie; BASF, Bayer, Vegla (R. F. Germană), Vetrotex — Italia, Cristoleria espanola — Spania, Usiner-Soliac, Saint Gobain Vitroges, Vetrotex Saint Gobain, Fonderies Montupet, CECA/Group (Franța). Centrul Tehnic al industriilor mecanice (CETIM) și Institutul de cercetări transporturi și de securitate (INRETS), care vor asigura evaluările necesare. Durata totală, 50 ani, costul total 420 milioane FFr. Se derulează în trei faze: Faza I — 24 luni, studii de fiabilitate și demonstrații de concepție; Faza a II-a — 24 luni, realizarea elementelor vehiculului de sinteză; Faza a III-a — 12 luni, montaj și omologarea vehiculului final de sinteză.

La noi în țară sînt începuturi promițătoare de utilizare a materialelor compozite. Pe lîngă utilizarea de mase plastice armate cu fibre de sticlă, talc, cauciuc EPDM, pentru confecționarea prin injecție de piese pentru automobile, în cadrul ICSITA Pitești s-a pus la punct realizarea de *master modele* din rășini epoxidice armate cu fibre de sticlă. Elementele de caroserie ale autovehiculului „Lăstun“, aflat în faza de începere a fabricației la Întreprinderea de Autoturisme Timișoara, sînt prevăzute a se fabrica din rășini poliesterice armate cu 30—40% fibre de sticlă. De asemenea, barele parașoc pentru noile autoturisme Dacia sînt prevăzute a se fabrica din rășini sintetice armate cu fibre de sticlă.

7. Materiale ceramice

Ceramica avansată este numită în prezent cel de al treilea material, după oțel și mase plastice, în rețeaua compozitelor. O prognoză, elaborată de japonezi, apreciază că producția mondială a noilor materiale ar arăta în anul 2000 ca în tabelul 10.7. Sectoarele care au impulsionat și impulsionează dezvoltarea ceramicii tehnice sînt:

— electronic și magnetic (izolatoare folosite la pachete și substraturi de circuite integrate, materiale piezoelectrice, semiconductori, ferite etc.);

— mecanic (scule așchietoare, îmbrăcăminți de protecție rezistente la uzură, materiale rezistente la temperaturi ridicate);

— chimic și biologic (senzori de gaze și umiditate, catalizatori și purtători de catalizatori, electrozi, dinți artificiali, oase artificiale, articulații artificiale);

— termic (radiatoare cu raze infraroșii);

Tabelul 10.7. **Prognoza producției mondiale a celor patru grupe de materiale noi (miliarde Yeni)**

Tipul materialului	Prognoza pentru anul 2000		
	Materiale noi	Materiale noi înrudite cu cele existente	Total
Polimeri cu caracteristici de mare performanță	1 500	500	2 000
Materiale metalice noi	1 500	2 300	3 800
Ceramică tehnică	1 900	1 900	3 800
Compozite	400		400
TOTAL	5 300	4 700	10 000

— optic (ceramică transparentă utilizată pentru lămpi speciale, lasere, aparate video etc.).

În prezent piața mondială a ceramicii tehnice este dominată de Japonia și S.U.A., însă țările vest-europene, prin fondurile alocate cercetării și dezvoltării, încearcă să recupereze din rămînerile în urmă. Materialele utilizate pentru obținerea produselor din ceramică de mare performanță sînt: oxidul de aluminiu, carbura de siliciu, nitrurile de siliciu, zirconiul, beriliul, nitrura de bor și titanul. Se prevăd ritmuri anuale de creștere a producției acestora de peste 10%, în special la scăpări de gaze și umiditate, ceramică de rezistență, scule așchietoare etc.

Pentru fabricația de motoare se prevăd dezvoltări însemnate după anul 1990. Pe lîngă marile firme din domeniile electronic, metalurgie și chimic, implicate în producția de ceramică tehnică se numără și marii producători de automobile — General Motors, Toyota, Daimler Benz, Volkswagen, Renault, aceasta deoarece, realizarea motorului ceramic cu combustie internă la faza comercială ar putea creea dimensiuni nebănuite încă pentru piața materialelor din ceramică tehnică.

La motoarele cu combustie internă se folosesc deja unele piese ceramice (bujiile) de peste 50 ani. Visul folosirii ceramicii este, acum, de a realiza un motor cu combustie internă complet ceramic.

În domeniul folosirii ceramicii la motoare sînt cercetări încă din anii '50, dar ele au căpătat o dezvoltare deosebită după cele două crize petroliere din anii '70, în prezent alocîndu-se anual, sume importante în S.U.A., Japonia și Europa de Vest. Numai Japonia și S.U.A. alocă peste 300 milioane dolari în domeniul cercetării utilizării ceramicii în fabricația de motoare. Scopul urmărit este de a construi un motor care să lucreze la temperaturi ridicate, fără a necesita un sistem de răcire. Teoretic, un motor, cu cît lucrează la temperatură mai ridicată și cu cît pierderile de căldură sînt mai mici, cu atît este mai eficient. Materialele ceramice suportă temperaturi mult mai ridicate decît oțelul, putînd fi, din acest punct de vedere, utilizate la construcția unui motor fără sistem de răcire. Căldura pierdută prin gazele evacuate ar putea fi recuperată cu ajutorul unei turbine.

Motoarele convenționale cu benzină ar funcționa cu dificultate la temperaturi mai înalte întrucît, dacă pistonul sau cilindrul ar deveni mai calde, vaporii de benzină din cilindru ar lua foc mai devreme. Motoarele

Diesel sînt mai adecvate pentru utilizarea la temperaturi ridicate. Cercetările se îndreaptă, de aceea, către motoarele Diesel și turbinele cu gaze. Problema cea mai grea ce trebuie rezolvată pentru motoarele ceramice o reprezintă fragilitatea materialelor ceramice. Fragilitatea poate fi redusă dar nu eliminată, cu toate tehnologiile încercate pînă în prezent.

Pentru eliminarea acestei deficiențe, s-a conceput regîndirea motorului proiectat a fi executat din metal, cu un motor care să admită fragilitatea materialelor ceramice. Pentru acest motor, complet ceramic, în această variantă, ar trebui conceput un nou mod de combustie. Piesele metalice ale motorului se încearcă să se acopere cu materiale ceramice, dar apar probleme datorită coeficienților de dilatare diferiți. Numai zirconiul are coeficientul de dilatare apropiat de cel al oțelului. Este nevoie de eforturi concentrate din partea ceramiștilor, chimiștilor, fizicienilor și inginerilor pentru a se depăși aceste probleme.

Firma japoneză Kyocere a construit un motor ceramic de 2,8 l imitînd un motor diesel Dentz de 3 l, instalat pe o mașină Isuzu-Gemini. Experimentul a fost considerat ca o demonstrație a funcționării unui motor ceramic, rămînînd de rezolvat problema rezistenței la o utilizare intensivă.

Firma Daimler-Benz fabrică o serie de rotoare de turbină din materiale ceramice. Sînt în fază de experimentare cămășile cilindrilor cu piston din titanat de aluminiu și bioxid de zirconiu, care reduc costul sistemului de răcire. Se experimentează de asemenea elementele de placare pentru camera de ardere din materiale ceramice pe bază de titanat de aluminiu. Piesele din titanat de aluminiu (Al_2O_3, TiO_2 și SiO_2 sinterizate) au proprietăți de izolare ridicate și conductibilitate termică de 75 ori mai mică decît a aluminiului. Materialul mai prezintă avantajul stabilității înalte la șoc termic și la utilizarea de lungă durată la temperaturi ridicate.

În S.U.A. se fac *cercetări* pe *termen mediu*, pentru utilizarea ceramicii la turbosuflante de supraalimentare; organe nerăcite pentru motorul diesel (cap piston, corp piston, chiulase, sedii de supape, camere de precombustie, acoperiri pe traseul de evacuare) camere de ardere carcase și roatoare pentru turbine de gaze; iar pe termen *lung* pentru realizarea de motoare diesel adiabatice (pistoane, rulmenți, camere de ardere, sistemul de evacuare) și motoare cu turbină cu gaze (statoare, rotoare, regeneratoare).

La noi în țară se fac primele încercări de către Institutul Național de Motoare Termice București, care trebuie susținut de ceramiști, fizicieni, chimiști și organele de sinteză.

Ministerul Industrializării Lemnului și Materialelor de construcții — prin Întreprinderea pentru Lianți — Brașov are preocupări pentru dezvoltarea utilizării pieselor din bazalt. În prezent oferă piese din bazalt obținute prin: turnare în forme permanente și din amestecuri de formare; turnare centrifugă; sinterizare; piese acoperite cu pulbere de bazalt pulverizat.

Printre proiectele finanțate în cadrul programului Eureka sînt și programe care vizează utilizarea ceramicii în fabricația de motoare, ca de exemplu:

1) Dezvoltarea de componente noi metalice și ceramice pentru motoare de automobile. Cost — 15 milioane ECU, pe 5 ani, cu participarea Franței și Italiei (Pechiney, Peugeot, Renault și Fiat).

2) Stabilirea performanțelor ce se pot realiza prin introducerea materialelor ceramice la fabricarea turbinelor de gaz de puteri pînă la 10 MW. Cost 16 milioane ECU, durate 5 ani cu participarea Franței, Italiei, Suediei;

3) Dezvoltarea de noi materiale ceramice eficiente, armate cu fibră, pentru motoare diesel destinate vehiculelor comerciale. Cost 14 milioane ECU; durata 5 ani, cu participarea Franţei şi R. F. Germania.

8. Fibre optice

Fibrele optice utilizate pentru iluminarea tablourilor de bord ale vehiculelor simplifică şi reduce greutatea construcţiei. Cablul confecţionat din fibre optice este mult mai uşor decît acelaşi cablu confecţionat din cupru (de cca 15 ori).

Revoluţia tehnică pe care fibrele optice o va aduce în telecomunicaţii concentrează eforturi materiale şi umane în punerea la punct a tehnologiilor de obţinere şi prelucrare a acestora. În prezent se obţin fibre optice din: mase plastice; fibre de sticlă şi siliciu.

BIBLIOGRAFIE

1. PATRIK, JAMES. *Les materiaux nouveaux: une reponse aux imperatifs de la carosserie automobile.* În: Ingenieurs de l'automobile, nr. 15, noiembrie 1981.
2. * * * Information du vehicules, nr. 1, 1981.
3. FAISY, PIERRE. *Gains energetiques appates par un changement de technologie. Le monloge par injection des blocs — cylindres en alliage d'aluminiu.* În: Ingenieurs de l'automobile, nr. 8, 1980.
4. LAŞCU-SIMION, N. ş.a. *Tendinţe în dezvoltarea oţelurilor pentru deformare plastică la rece.* T.C.M.M. nr. 1, Bucureşti, Editura Tehnică, 1987.
5. MAREL, N. *L'emploi de tôles d'acier à l'auto, rezistence sur caisse.* În: Ingenieurs de l'automobile, nr. 15, 1981.
6. * * * Steel Today & Tomorrow. *Special Edition „Coated Steel Sheets in Japan"*, 1987.
7. MAZODIER, JEAN-LOUIS. *Bilan énérgétique de l'utilisation de l'aluminiu dans l'industrie automobile.* În: Ingénieurs de l'automobile, nr. 8, 1980.
8. * * * În: Kunststoffe (R. F. Germania), nr. 7, iulie 1980.
9. * * * I.C.I., volumul 2, nr. 1, 1980.
10. GUMMI, ASBERT. În: *Kunststoffe,* nr. 10, oct. 1982.
11. BREE, COUDE. *Étude des postes du prototype V.E.R.A.* În: Ingénieurs de l'automobile, nr. 15, 1981.
12. * * * *Materials Engineering* (S.U.A.), nr. 95, mai 1982.
13. * * * *Design News* (S.U.A.), nr. 38, nr. 19 oct. 1982.
14. *Cercetări, realizări şi perspective în industria materialelor ceramice.* Bucureşti, I.N.I.D., 1987.
15. *Perspectivele aluminiului. Probleme ale conducerii şi deciziei.* Bucureşti, I.N.I.D., 1987.
16. *Conferinţa ministerială pentru Eureka de la Londra.* În: Cercetarea ştiinţifică şi dezvoltarea tehnologică. Bucureşti, I.N.I.D., 1987.
17. * * * *Materiale plastice*, nr. 1 şi 2, Bucureşti, I.N.I.D., 1987.
18. TAINTURIER, M. R.-G. *L'evolution du coût des matiers plastiques.* În: Ingénieurs de l'automobile, nr. 9, 1981.
19. * * * În: ATZ, nr. 4, 1980.



11

Reutilizarea lichidelor tehnologice prin tratarea lor în cîmp centrifugal

Ing. *Constantin Hristescu*
I.C.T.C.M. Bucureşti

Dr. *Ing. Radu Iatan*
Institutul Politehnic Bucureşti

1. Consideraţii generale

Separarea suspensiilor provenite din instalaţiile tehnologice industriale este operaţia care încheie ciclul funcţional al fluidelor de lucru şi are ca scop menţinerea acestor fluide în limitele de utilizare admise, cu consecinţe favorabile asupra calităţii produselor, a eficienţei economice şi a performanţelor respectivelor instalaţii.

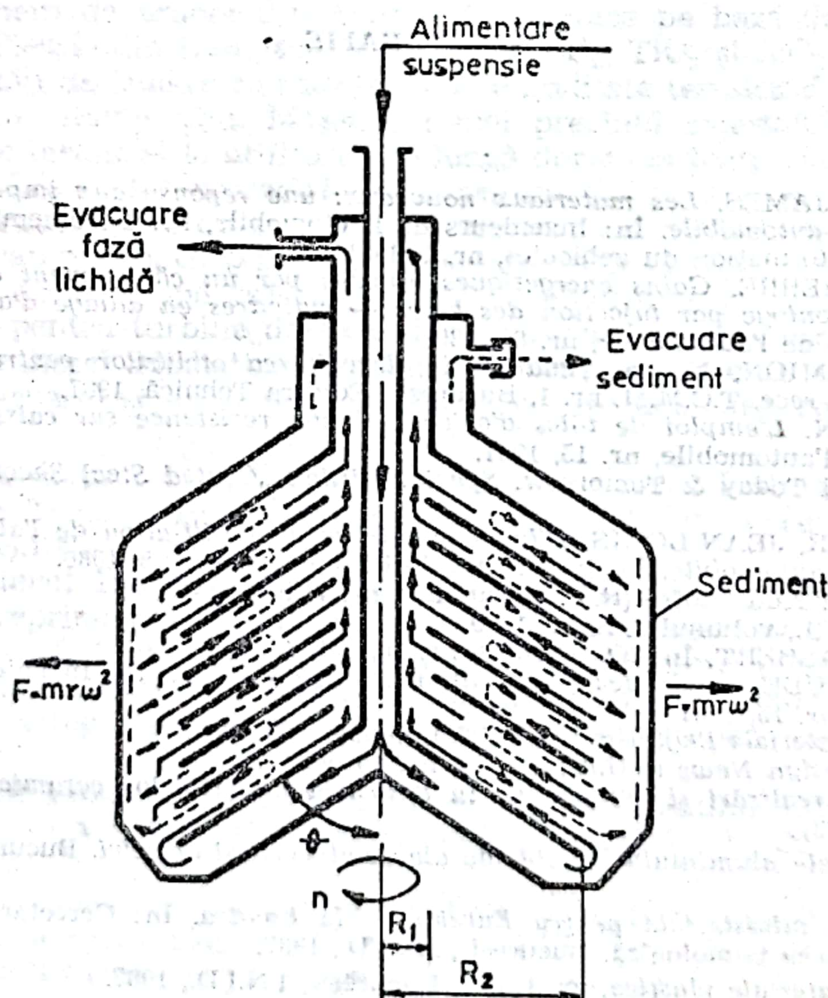


Fig. 11.1. Schema de principiu a separatorului cu talere utilizat pentru separarea fazei solide din suspensie: *1* — manta; *2* — pachet de talere.

Cum faza lichidă a suspensiilor industriale este în general apa, principalele obiective ale proceselor de separare sînt legate de: recircularea apei în instalații (apa de spălare); reținerea și reutilizarea unor substanțe utile evacuate odată cu apele uzate (metale deficitare); menținerea unor parametri funcționali în limite date (concentrație, pH); purificarea unor agenți de lucru (lichide de răcire, lubrifianți, solvenți); utilizarea apei epurate în domenii neindustriale (irigații).

Printre procedeele moderne care s-au impus în acest domeniu, se situează separarea mecanică în cîmp centrifugal; utilajul reprezentativ este separatorul centrifugal, iar dintre multiplele soluții constructive aflate în exploatare se remarcă tipul „cu talere" (fig. 11.1).

Un fapt semnificativ pentru interesul ce începe să fie acordat acestui procedeu și la noi în țară, în context cu tendințele tehnicii mondiale, este capacitatea separatoarelor cu talere de a se integra în unele probleme prioritare ale economiei naționale ca: reducerea consumurilor materiale și energetice, ridicarea calității și a productivității muncii, protejarea mediului înconjurător. Aplicat la activitatea ICTCM procedeul prezintă interes în preocupările colectivelor care cercetează domenii de vîrf și neconvenționale ale construcției de mașini, ca: tehnologii și utilaje pentru pregătirea suprafețelor (degresare, spălare, debavurare, hidrosablaj); tehnica acoperirilor de suprafață (metode chimice, electrochimice și pelicule); tehnica apelor uzate industriale; aplicațiile tehnice ale electroeroziunii; sisteme de mașini pentru gospodărirea șpanului și a lichidelor de răcire-ungere.

2. Aspecte teoretice

Examinată din punct de vedere teoretic utilizarea separării centrifugale, în scopul realizării obiectivelor enumerate în cele ce preced, presupune stabilirea valorilor optime ale mărimilor ce caracterizează procesul, astfel încît rezultatele practice ale aplicării acestuia să asigure eficiența tehnico-economică maximă.

Luînd în considerare și particularitățile specifice subdomeniului acoperit, tehnologiile în care procedeul centrifugal se înscrie cu cele mai bune rezultate se caracterizează, în general, prin aceea că: acuratețea separării primează asupra debitului; suspensiile cu care se lucrează conțin particule foarte fine în fază solidă (de regulă submicronice); procedeele industriale existente nu se justifică tehnico-economic la performanțele cerute.

În cele ce urmează se vor examina unele aspecte privind utilizarea separării centrifugale în principalele aplicații amintite.

a. Una din problemele dificile cu care se confruntă exploatarea instalațiilor de pregătire a suprafețelor este aceea a economisirii apei. Întrebuințată drept component al băilor de tratare (apă demineralizată, dedurizată, potabilă), sau ca mediu de spălare (apă industrială, tehnologică), apa introdusă în diferite faze ale fluxului tehnologic „se uzează", ajungînd ca la evacuarea din instalații să conțină alcalii, cianuri, metale, particule organice, totalizînd în unele cazuri un conținut mediu de fază solidă de 40 . . . 50 g/l.

Recuperarea fazei solide, respectiv gradul de limpezire a fazei lichide — în funcție de scopul urmărit — depind direct de performanțele utilajului folosit; filtrele statice și decantoarele prevăzute, în mod obiș-

nuit, au curbe de randament limitat pentru multe din aplicațiile industriale, în special în tehnologiile unde calitatea trebuie menținută strict, chiar în condiții de mare productivitate. Limitele amintite sînt impuse în primul rînd de caracterul intermitent al funcționării, datorită necesității de regenerare sau înlocuire a elementelor filtrante, de durata relativ mare a procesului — în special la decantare — și chiar de debit, care, pentru

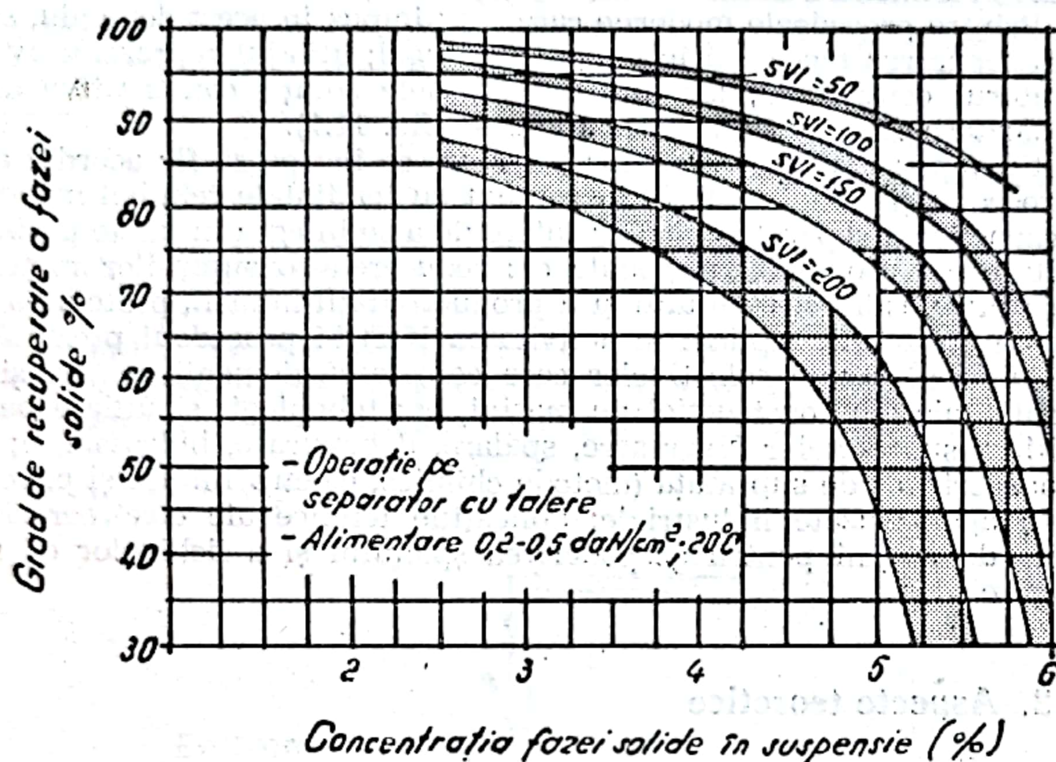


Fig. 11.2. Efectul *SVI* — asupra eficienței operației de sedimentare centrifugală.

a fi menținut la valori ridicate și constant, necesită cheltuieli de investiție și întreținere mari.

Mărimea determinantă pentru aprecierea operației de sedimentare (separare) este „indicele volumic de sedimentare". Notat în literatura de specialitate cu *SVI* (de la „SLUDGE VOLUME INDEX") el se măsoară prin raportul între volumul fazei solide sedimentate și concentrația în fază solidă a suspensiei. Valoarea *SVI* este deci o măsură a „sedimentabilității" suspensiei.

În figura 11.2 sînt trasate digrame reprezentînd dependența de *SVI* a cantității de fază solidă separată, pentru diferite concentrații ale acesteia în suspensia inițială [1]. Din examinarea diagramelor se conturează noi argumente în favoarea ideii de a se utiliza separatoarele centrifugale în anumite domenii neacoperite eficient de celelalte procedee, astfel:

— suspensiile cu indice *SVI* mic sedimentează bine și relativ repede; cunoscînd că centrifugele sînt caracterizate tocmai prin valori mici ale acestui indice, rezultă concluzia amintită. Pe măsură ce *SVI* crește, eficiența procedeului descrește corespunzător;

— curbele care reprezintă separarea centrifugală se situează în domeniile de maximă recuperare a fazei solide, chiar la concentrații mici în suspensia inițială.

Evident, la cele arătate trebuie adăugate influenţele pe care le au, asupra eficienţei separării, natura şi caracteristicile suspensiei, parametrii de funcţionare (debit de alimentare, debit recirculat, factor de separare) precum şi particularităţile constructive ale maşinii folosite.

Comparaţia între separarea centrifugală şi procedeele statice — la limită decantarea — reiese şi direct, examinînd valoarea factorului de separare, mărimea specifică centrifugală, a cărui expresie [11]:

$$\Phi=\frac{\omega^2 R}{g}=\frac{\pi^2}{1\,809}\cdot n^2 D \qquad (1)$$

măsoară de cîte ori se realizează mai intens operaţia în acest sistem, faţă de cel bazat pe sedimentare liberă, determinată de g, după legea lui Stokes; (ω este viteza unghiulară, $R=1/2$, D este raza medie a rotorului, n — turaţia).

Altfel spus, suprafaţa de separare echivalentă a unui separator cu talere (Σ_d), comparată cu suprafaţa necesară unui decantor (Σ_{st}), pentru un debit de suspensie dat (Q), dă imaginea eficacităţii procedeului centrifugal:

În cazul separatorului, literatura de specialitate recomandă pentru debit expresia [5]:

$$Q=54{,}5\cdot 10^{-8}\Sigma_d d^2\,\frac{\Delta\rho}{\eta}, \qquad (2)$$

unde: d este diametrul statistic al particulelor; $\Delta\rho$ — diferenţa de greutăţi specifice între faza solidă şi faza lichidă; η — vîscozitatea fluidului.

Pentru decantoare cu separare gravitaţională:

$$Q\cong\Sigma_{st}V_g \qquad (2')$$

unde V_g este viteza terminală a unei particule care decantează prin gravitaţie.

Comparînd expresiile (2) şi (2′) se obţine lucrînd în sistemul de măsură SI:

$$\Sigma_d\cong 5{,}5\cdot 10^6\Sigma_{st}. \qquad (2'')$$

Aceasta se traduce practic prin realizarea unor concentraţii, în fază solidă, de 10 . . . 25 ori mai mari decît cele ale suspensiei iniţiale. Valorile maxime corespund centrifugării cu recirculare.

În afara aspectului cantitativ, aplicarea sistemului de separare centrifugală, la instalaţiile de spălare, duce la obţinerea unor soluţii cu un înalt nivel de claritate, prin aceasta prelungind substanţial gradul de utilizare al soluţiilor. Astfel, în cazul instalaţiilor de spălare şi/sau degresare cu ultrasunete, utilizate după operaţii de suprafinisare, la care soluţiile se îmbogăţesc relativ repede cu cantităţi de particule solide* (provenite de la paste de lustruit, praf metalic, uleiuri, emulsii şi praf atmosferic) perioada de utilizare optimă creşte de la cifre de ordinul orelor, pînă la maximum opt săptămîni [2]. Diagramele de funcţionare, în cele două cazuri, reprezentate în fig. 11.3 ilustrează comparativ cele afirmate.

---

* Se subliniază că în unele domenii ale mecanicii fine, dimensiunile acestor particule sînt comparabile.

— uneori depăşesc — valoarea toleranţelor dimensionale impuse de tehnologie (ex.: fabricaţia microrulmenţilor).

În întreprinderi de diferite profile, din domeniul industriei metalurgice, construcţiilor de maşini, chimice, uşoare, alimentare, din multe ţări, există în exploatare şi instalaţii echipate cu separatoare centrifugale de mare productivitate. Firma Penwalt Corp. S.U.A. dă următoarele performanţe pentru instalaţii de tratare a apelor uzate industriale [9]:

— la suspensii cu 0,5 . . . 1% fază solidă, cu debit orar de 150 000 l, se recuperează 80% substanţe solide refolosibile;

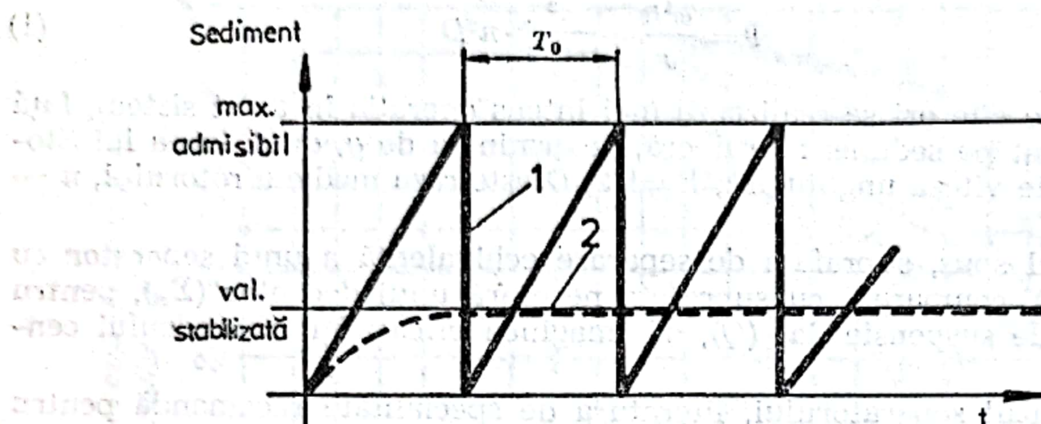


Fig. 11.3. Gradul de limpezire a soluţiei de spălare cu şi fără separarea centrifugală la recirculare:
1 — fără separare; *2* — cu separare centrifugală; T_0 — timpul de lucru fără separare.

— la concentraţii de 5 . . . 6% în fază solidă, cu debit orar 80 000 l, gradul de recuperare poate ajunge la 95%.

b. O a doua problemă la fel de importantă, specifică tehnologiilor de acoperiri metalice, este ridicată de depunerea masivă a precipitatului în băile chimice şi electrochimice. Eliminarea acestuia — operaţie absolut necesară pentru stăpînirea parametrilor procesului — se face în general intermitent, prin oprirea băii în cauză, evacuarea soluţiei la staţia de tratare şi, în unele cazuri, filtrarea şi recircularea elementelor recuperabile sau a apei (procedeul Lancy). Integrînd un separator centrifugal, în reţeaua de recirculare a soluţiei (electrolitului) din baie, se poate crea un sistem cu funcţionare continuă. Fig. 11.4 reproduce principial un astfel de sistem.

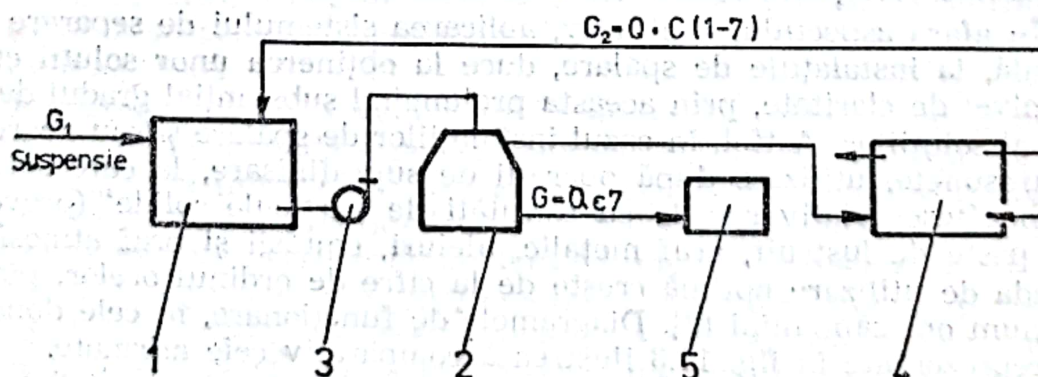


Fig. 11.4. Schema-bloc a unui sistem baie-separator:
1 — baie de acoperiri; *2* — separator centrifugal; *3* — electropompă; *4* — schimbător de căldură; *5* — cuva de nămol; *q* (*q'*) — agent termic tur (retur).

Modelul matematic al procesului se obține direct din ecuația bilanțului de materiale [10]:

$$G_1\Delta t+G_2\Delta t-Qc\Delta t=V\Delta_c, \quad (3)$$

unde: G_1 este debitul de soluție (electrolit) introdus în baie (kg/h); G_2 — debit recirculat (faza lichidă a suspensiei separate) (kg/h); Q — debitul de suspensie intrat în separator (m³/h); V — volumul băii de tratament (m³); Δ_c — variația concentrației în intervalul de timp Δ_t; η — gradul de separare al centrifugei.

Separînd variabilele și efectuînd calculele necesare pentru integrare se ajunge la relația:

$$dt=-\frac{dc}{\frac{Q}{V}\cdot\eta\left(C-\frac{G_1}{Q\eta}\right)}.$$

Soluția generală, notînd $C_0=\frac{G_1}{Q\eta}$, va avea forma:

$$C-C_0=\frac{1}{k}\cdot e^{-\frac{Q\eta}{V}\cdot t}.$$

Punînd condițiile la limită ca baia de tratament să nu conțină sediment la momentul inițial, adică $t=0$; $c=0$, integrala particulară va fi chiar expresia variației concentrației sistemului format de baie și separatorul centrifugal:

$$C=C_0\left|1-e^{-\frac{Q\eta}{V}\cdot t}\right|. \quad (4)$$

Graficul de variație corespunzător are alura din fig. 11.5. Din examinarea acestuia se desprind ca principale concluzii, următoarele: sistemul format din baie și separator lucrează după o lege exponențială; există o valoare a concentrației care rămîne teoretic constantă în timp, după de-

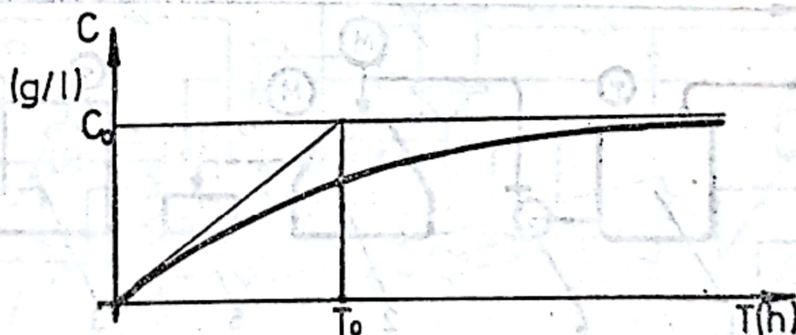


Fig. 11.5. Variația teoretică în timp a concentrației în sistemul baie-separator:
c_0 — concentrația de echilibru; T_0 — timp necesar atingerii concentrației; c_0' — lucrînd fără separator.

pășirea valorii T_0 numită concentrația „de echilibru" a sistemului; valoarea ei este dată de condiția:

$$C=C_0=G_1/Q\eta.$$

Conducînd corespunzător funcționarea ansamblului se poate menține, teoretic, constanța stării de echilibru, astfel încît perioada de rege-

nerare a băii să fie dictată de alte criterii, diferite de cel al sedimentării soluţiei de lucru.

c. Un al treilea domeniu, de egală importanţă cu primele, în care separatorul centrifugal îşi găseşte o aplicare deplină, este exploatarea instalaţiilor de regenerare a lichidelor de răcire, provenite de la secţiile de prelucrări mecanice de finisare. Astfel, există operaţii de mecanică fină cărora li se impun toleranţe atît de severe asupra calităţii suprafeţelor prelucrate, încît regenerarea lichidelor de răcire sau spălare — cu conţinut de particule solide foarte fine — devine, dintr-o operaţie auxiliară, una din principalele operaţii ale finalului de proces tehnologic.

Problema face obiectul unor preocupări de ordin teoretic şi experimental ale unui colectiv din ICTCM, specializat în domeniul „recuperare-refolosire-recondiţionare", în colaborare cu Catedra de Utilaj Tehnologic Chimic a Institutului Politehnic Bucureşti. Obiectivul principal al cercetării este obţinerea unor lichide tehnologice care să nu aibă particule în suspensie mai mari de 0,3 . . . 0,5 μm.

Evaluarea prin calcul a acestei performanţe s-a făcut, plecîndu-se de la ideea utilizării unor maşini centrifuge existente în fabricaţie, într-un montaj de tipul celui prezentat în fig. 11.6, prin extinderea ariei de aplicaţie în urma unor modificări constructive minime.

Astfel, situînd domeniul de funcţionare în zona valorilor minime ale indicelui volumic de sedimentare (SVI=50 . . . 70) şi adoptînd concentraţiile corespunzătoare verificate în exploatare (v. fig. 1) rezultă:

$$SVI=\frac{V_{fs2}}{C_{fs1}}=\frac{0.9V_{fs1}}{C_{fs1}}=\frac{0{,}9C_{fs1}V}{C_{fs1}}=0{,}9\ V, \qquad (5)$$

în care: V este volumul total al suspensiei (1); $V_{fs1,2}$ — volumul fazei solide în suspensia iniţială, respectiv în sediment [1]; C_{fs1} — concentraţia fazei solide în suspensie.

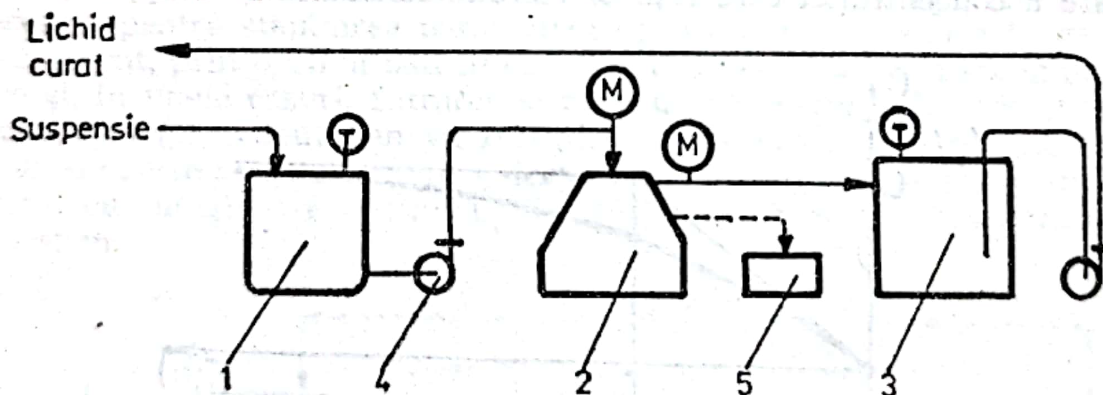


Fig. 11.6. Schema bloc a unui sistem de separare a lichidelor de răcire-ungere provenite de la secţiile de prelucrări mecanice de finisare: *1* — rezervor de lichid uzat; *2* — separator centrifugal; *3* — rezervor de lichid curat; *4* — electropompă; *5* — cuvă de nămol.

Considerînd timpul de retenţie $\Delta t=1h$ şi adoptînd un randament hidraulic al funcţionării $\eta=0{,}8$ (13), rezultă pentru debitul suspensiei ce trece prin separator:

$$Q=\frac{V}{\Delta t}=\frac{SVI}{0{,}9\eta\Delta t}=\frac{70}{0.9\cdot 0{,}8\cdot 1}\cong 100\ \text{l/h}. \qquad (6)$$

Suprafaţa de separare echivalentă a unui astfel de separator cu talere de construcţie curentă va fi, adoptînd ca parametrii constructivi recomandaţi, cei notaţi în figura 1 (5).

$$\Sigma_d = 13 \cdot 10^{-6} n^2 z \operatorname{ctg} \theta (R_2^3 - R_1^3), \tag{7}$$

în care: n este turaţia tamburului (rot/min); z — numărul de talere; θ — unghiul talerelor faţă de axul de rotaţie (rad); $R_{1,2}$ — raza interioară, respectiv exterioară a talerelor (cm).

Cu valorile utilizate curent, anume: $n=8\,500$ rot/min; $z=40$; $\theta = \pi/4$ rad; $R_1=5$ cm; $R_2=15$ cm; rezultă:

$$\Sigma_d = 12\,210 \cdot 10^4 \text{ cm}^2. \tag{8}$$

Introducînd valorile găsite pentru debit şi suprafaţă echivalentă în relaţia (2) şi considerînd $\Delta\rho=4$ g/cm^3; $\eta=1$ cP, rezultă pentru dimensiunea medie statistică a particulei separabile în sistemul CGS:

$$d = \sqrt{\frac{Q\eta}{54{,}5 \cdot 10^{-8} \Sigma_d \Delta\xi}} = 0{,}32 \ \mu\text{m}, \tag{9}$$

ceea ce reprezintă o valoare convenabilă pentru scopul urmărit. Consideraţiile teoretice de mai înainte au fost verificate experimental.

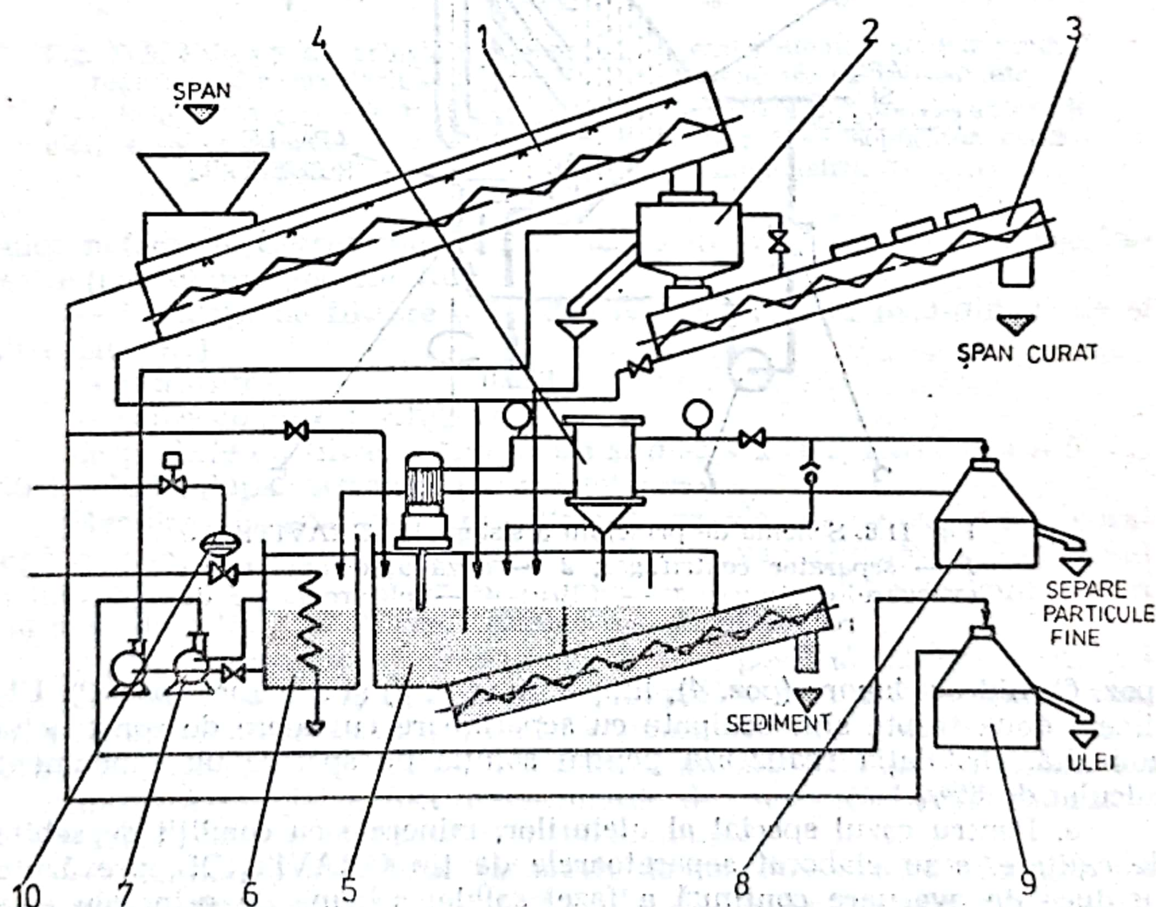


Fig. 11.7. Sistemul ELLERWERK pentru separarea suspensiilor, integrat într-o linie tehnologică de prelucrare a şpanului metalic:

1 — unitate de spălare a şpanului; *2* — centrifugă de separare a emulsiei lichid de spălare-ulei; *3* — unitate de limpezire-uscare; *4* — hidrociclon; *5* — cuvă de decantare; *6* — cuvă de încălzire, cu transportor de nămol; *7* — electropompă; *8* — separator centrifugal de limpezire; *9* — separator centrifugal de dezuleiere; *10* — sistem de încălzire.

d. Separatoarele centrifugale cu talere sînt utilizate, în ultimii ani, în tehnologiile de prelucrare și reintroducere în circuitul de fabricație a așchiilor rezultate de la mașinile-unelte din secțiile de finisare și suprafinisare. Aplicațiile existente ale procedeului, pe instalațiile în exploatare, realizează capacități de producție de 1,5 . . . 4 t/h așchii curate, utilizînd separatoare cu talere de fabricație WESTFALIA-R.F.G. de 4 000, respectiv 7 500 l/h. Exemplul reprezentativ este reprodus principial în fig. 11.7; este vorba de „sistemul Ellerwerk" aparținînd firmei DEMAG-R.F.G. [3].

Soluția utilizată în unitatea de spălare (poz. *1*) este recirculată continuu — făcîndu-i-se adaosurile pentru corectarea compoziției — pe un itinerar tehnologic cuprinzînd trepte de dezuleiere (poz. *2*), de decantare

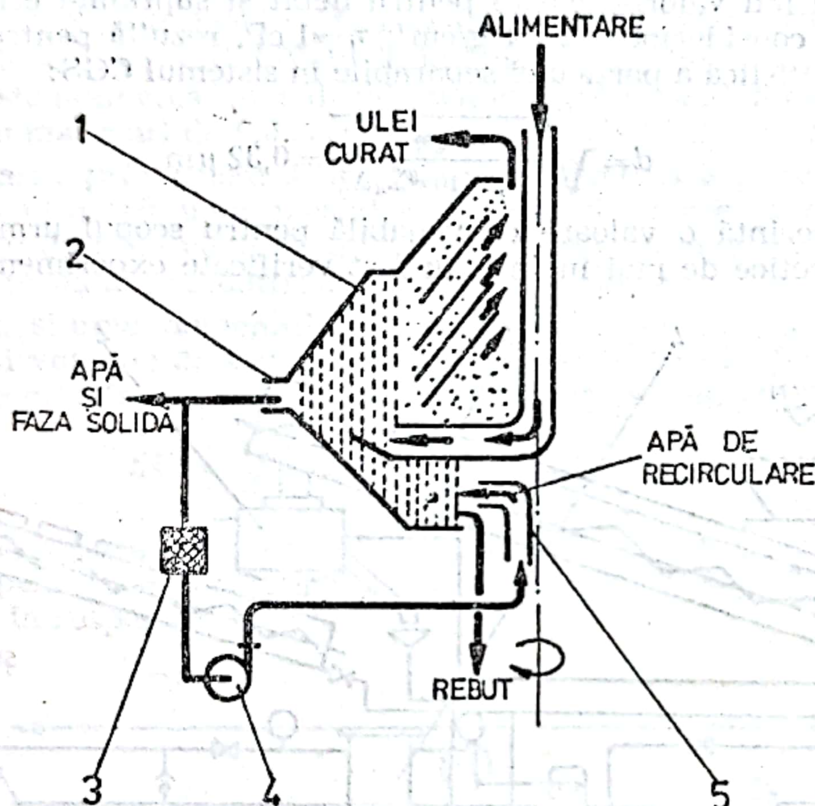


Fig. 11.8. Schema de principiu a sistemului GRAVITROL: *1* — separator centrifugal; *2* — duză automată pentru evacuare continuă; *3* — filtru; *4* — electropompă de recirculare; *5* — recipient GRAVITROL.

(poz. *6*), hidrociclonare (poz. *4*), limpezire (poz. *8*) și separare (poz. *9*). Ultimele două trepte sînt echipate cu separatoare cu talere de construcția amintită. Instalația realizează pentru soluția de spălare un randament calculat de 85%.

e. Pentru cazul special al uleiurilor, minerale cu condiții deosebite de calitate, s-au elaborat separatoarele de tip GRAVITROL, prevăzute cu duze de evacuare continuă a fazei solide; schema de principiu este redată în fig. 11.8.

Funcționînd în sistem de recirculare continuă, aceste separatoare sînt utilizate în instalații moderne de tratare a uleiurilor minerale și procese înrudite, în care reutilizarea uleiurilor separate în trepte ulterioare de prelucrare asigură regimuri economice și, în același timp, produse de calitate [5].

3. Experimentări, rezultate

În cadrul programului de experimentări pentru stabilirea unei tehnologii eficiente de regenerare-recirculare a soluțiilor alcaline din instalațiile de spălare cu ultrasunete, la uzina Grohe (Lahr — R.F.G.) s-a realizat un montaj funcționînd pe principiul schițat în fig. 11.9 [2, 14].

Lichidul de lucru din baie (poz. *1*) a fost soluția apoasă slab alcalină utilizată pentru spălarea după lustruire a reperelor de armături me-

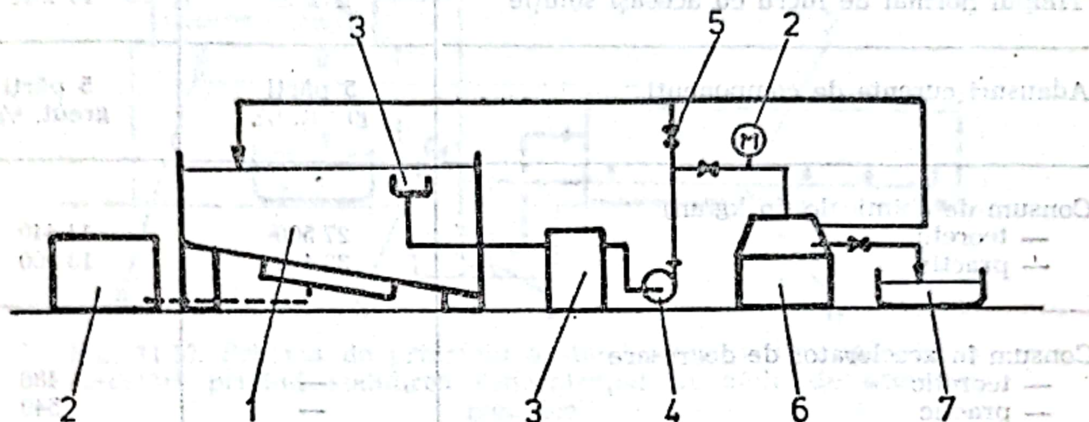


Fig. 11.9. Schema de principiu a montajului experimental pentru studiul regenării și recirculării soluțiilor alcaline de spălare cu ultrasunete: *1* — baia de degresare; *2* — generator de ultrasunete; *3* — decantor de ulei; *4* — electropompă; *5* — robinet de reglaj; *6* — separator centrifugal; *7* — cuvă de nămol; *8* — manometru.

talice neferoase. Cercetările au fost făcute utilizînd ca element de limpezire (poz. *6*) următoarele utilaje:

— instalații de filtrare (cu filtre lumînare, filtre disc din hîrtie și filtre lavabile);

— ultrafiltre;

— separatoare centrifugale.

La probele cu filtre tip lumînare și disc s-a reușit trecerea a 50 ... 100 l soluție, după care a început colmatarea.

Membranele aparatelor de ultrafiltrare, de asemenea, s-au blocat după consumarea a circa 300 l soluție. Un dezavantaj major a fost faptul că nici o membrană — chiar anorganică — nu a rezistat la temperaturi mai mari de 90°C.

Utilizînd separatorul centrifugal, a fost posibilă curățirea soluției inițial de culoare gri-neagră, pînă la limpezire completă. Probele s-au făcut cu un debit de 4 000 l/h, la un volum al băii de spălare de 3 000 l, neobservîndu-se nici o influență asupra componentelor organice. Limita de utilizare a soluției a fost determinată de modificări care au cauze independente de prezența separatorului și anume:

— eliminarea tensidelor (adaosuri de umectare cu rol de activare a curățirii) prin antrenare la exterior, datorită absorbției reziduurilor de pastă de lustruire;

— antrenarea de soluție pe piese și suporți și la golirea tamburilor de degresare;

— transformări chimice în procesul de curățire (acumularea de metale grele a dus la perturbații serioase după 8 săptămîni de utilizare a soluției).

Tabelul 11.1. **Influența operației de separare centrifugală asupra procesului de degresare cu ultrasunete**

Parametrii procesului	Valori	
	Fără separare	Cu separare
Timpul normal de lucru cu aceeași soluție	2 zile	10 zile
Adausuri curente de componenți	5 părți greut. %	5 părți greut. %
Consum de chimicale (în kg/an) — teoretic — practic	 27 500 33 430	 11 440 13 000
Consum în accelerator de degresare — teoretic — practic	 — —	 486 540

Situația sintetică a modificărilor duratei de funcționare și a consumului de chimicale, înainte și după introducerea separării centrifugale, poate fi examinată în tabelul 11.1.

O imagine la fel de concludentă a procedeului o poate constitui și examinarea laturii economice a problemei; evaluarea costurilor realizate în exploatare de către firma amintită — în costuri la nivelul anului 1982 — se prezintă astfel (se consideră ca bază de calcul costul unei instalații clasice);

— costul anual al exploatării în cazul cînd soluția este limpezită prin procedee statice (filtrare, sedimentare);

— costul anual în cazul limpezirii prin separare centrifugală (în această valoare fiind incluse întreținerea, reparațiile, uzura și ratele de amortizare a separatorului, energia, deservirea) . . . 41,3;

— costul unei instalații de separare centrifugală . . . 108.

Cu datele de mai înainte, rezultă, pentru instalația de separare, un termen de amortizare a investiției de 1,5 ... 2 ani și o durată de viață în limite normale [12].

Experimentări de o înaltă rigurozitate științifică, asupra utilizării separării centrifugale în tehnologiile de acoperiri metalice, au fost făcute la Institutul de Chimie Tehnică al Academiei Ungare de Științe. Modelul experimental, reprodus schematic în fig. 11.10, a fost constituit dintr-o baie pentru acoperirea de suprafață a aluminiului și un separator centrifugal de înaltă turație, montate într-o instalație-stand, prin intermediul unei pompe încadrate în rețeaua hidraulică aferentă [10].

Capacitatea băii de acoperiri: 12 m³.

Conținutul băii: soluție caldă de Na_2CO_3 și Na_2CrO_4 în apă.

În urma reacției de acoperire a aluminiului, rezultă precipitatul de $Al(OH)_3$, care, începînd de la o anumită cantitate, prejudiciază calitatea suprafeței.

Programul de lucru a fost de două schimburi a 16 ore, cu o pauză tehnică de 8 ore şi a durat circa 3 săptămîni.

Din măsurile efectuate în timpul cercetării, a rezultat o variaţie a concentraţiei în precipitat (redată în fig. 11.11), conformă cu relaţia determinată prin calcul [4].

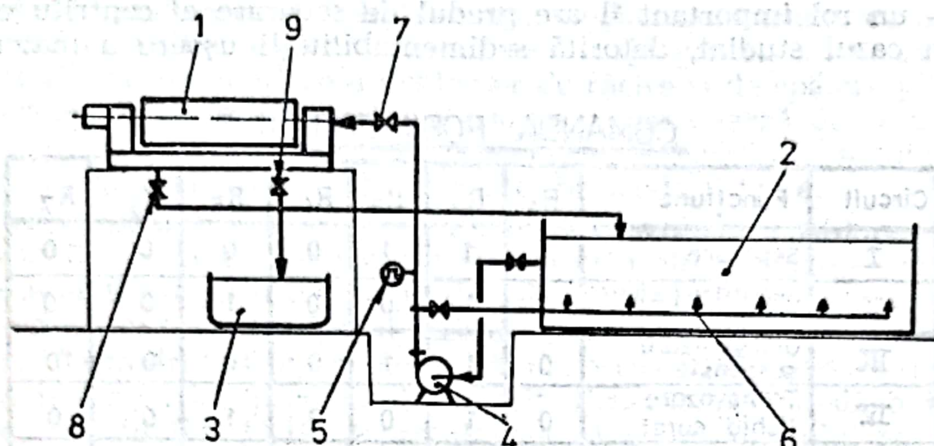


Fig. 11.10. Schema de principiu a standului experimental pentru cercetări privind stabilirea concentraţiei în băile de acoperiri metalice:

1 — centrifuga de sedimentare OV 34; *2* — baie de acoperiri metalice; *3* — cuvă de nămol; *4* — electropompă; *5* — manometru; *6* — duze de barbotare; *7* — robinet de reglare; *8* — returul fazei lichide; *9* — evacuare sediment.

Diferenţele apărute faţă de curba ridicată teoretic (v. fig. 5), atît în privinţa alurii cît şi a valorii stabilite a concentraţiei de echilibru, se datoresc unei insuficiente agitări a soluţiei, prin subdimensionarea duzelor (poz. *6*), astfel încît acestea nu reuşesc să disloce în întregime precipitatul sedimentat în cele 8 ore de oprire a circulaţiei de fluid.

Principalele concluzii ce se desprind direct în urma acestor experimentări, sînt:

— curăţirea în sistem continuu, prin utilizarea separării centrifugale, asigură proceselor de acoperiri de suprafaţă menţinerea unui nivel

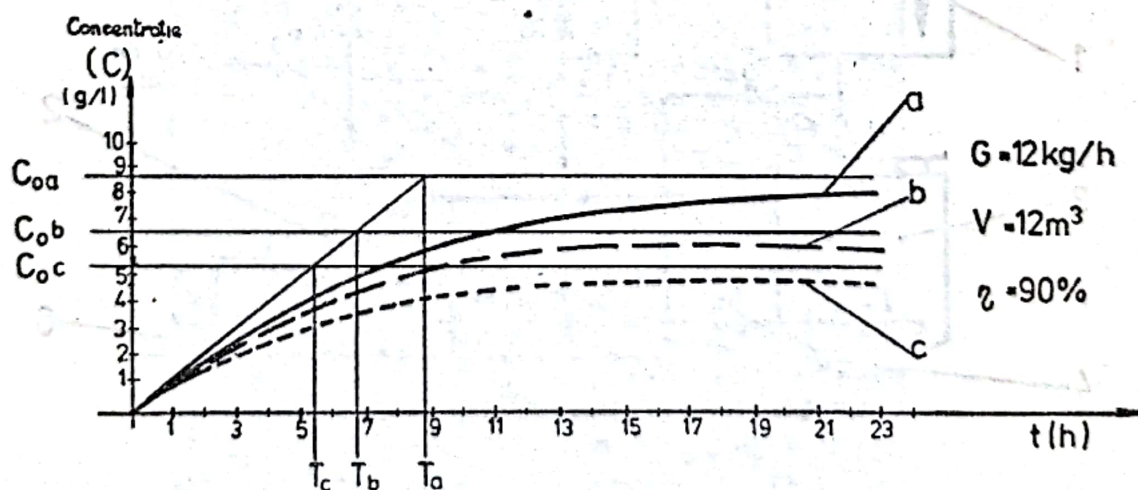


Fig. 11.11. Curba de variaţie în timp a concentraţiei în sistemul baie-separator ridicată experimental:

a — $Q=1{,}5$ (m³/h); $T=8{,}89$ h; *b* — $Q=2$ (m³/h); $T=6{,}67$ h; *c* — $Q=2{,}5$ (m³/h); $T=5{,}33$ h.

calitativ constant, eliminarea muncii fizice de refacere a băii și o prelungire a duratei active a soluțiilor de lucru;

— o condiție necesară desfășurării corecte a procesului este menținerea lichidului sub formă de suspensie, uniformizată printr-o amestecare suficient de activă;

— un rol important îl are gradul de separare al centrifugei utilizate; în cazul studiat, datorită sedimentabilității ușoare a materialului

COMANDA ROBINETELOR *

Circuit	Funcțiune	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
I	Separare	1	1	1	0	0	0	0
II	Separare (reluare ciclu)	1	1	0	0	1	0	0
III	Omogenizare suspensie	0	1	1	0	0	0	0
IV	Transvazare lichid curat	0	1	0	0	1	0	0
V	Transvazare suspensie	0	0	0	1	0	0	0
VI	Spălare separator	0	0	0	0	0	1	1
VII	Spălare rezervor suspensie	0	1	1	0	1	1	0
VIII	Evacuare (susp. sau apă spălare)	0	0	0	1	0	0	1

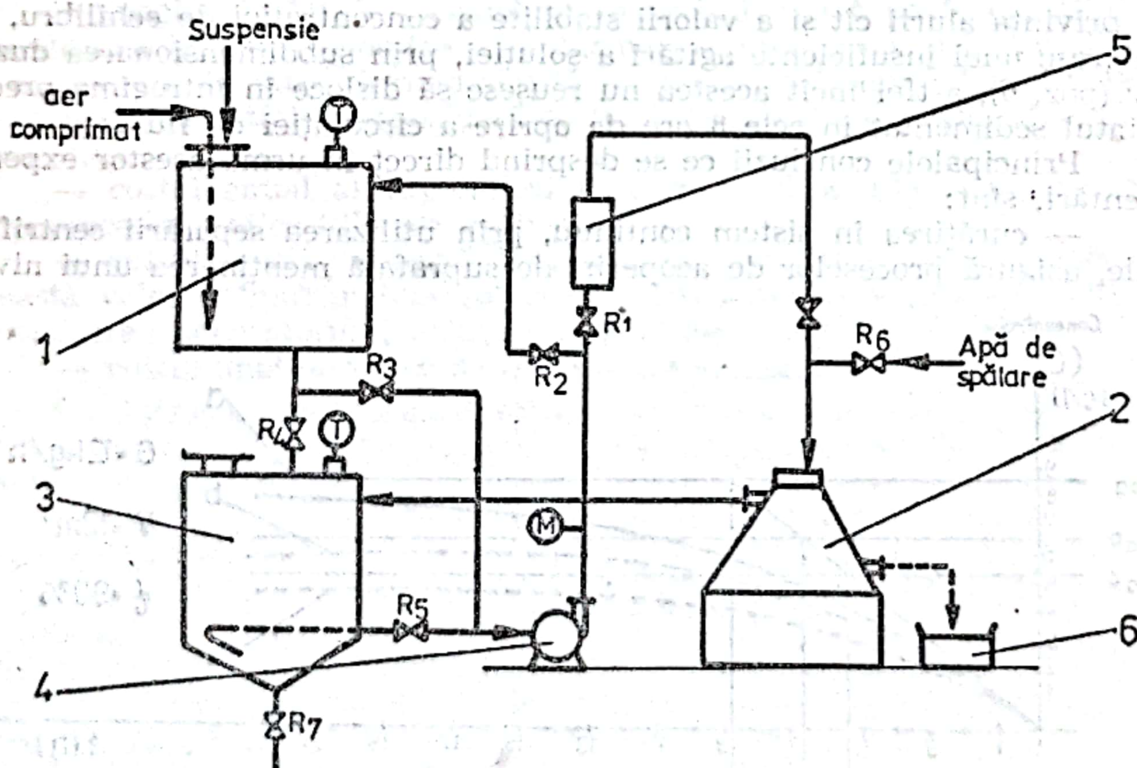


Fig. 11.12. Schema funcțională a instalației de laborator pentru cercetări asupra separării centrifugale a lichidelor de spălare și răcire:
1 — rezervor de suspensie; *2* — separator centrifugal SECEL 4 (modificat); *3* — rezervor de lichid curat; *4* — electropompă; *5* — debitmetru (rotametru); *5* — cuvă de nămol; în tabel: *1* — deschis; *0* — închis.

$Al(OH)_3$, acesta a fost separat în proporție de 90%. Pentru alte cazuri, parametrii funcționali ai mașinii trebuie stabiliți prin determinări de laborator sau stații pilot.

Institutul de Cercetări Tehnologice pentru Construcția de Mașini (ICTCM) București a preluat problema introducerii separării centrifugale în procesele de prelucrare a lichidelor tehnologice industriale, cu ocazia studiului mai dezvoltat asupra sistemei de utilaje pentru instalații centralizate de filtrare-recirculare a lichidelor de răcire și de spălare [7].

Experimentările au fost extinse pentru o gamă largă de suspensii, determinîndu-se pentru fiecare categorie în parte condițiile tehnologice și procedeele cele mai eficiente de separare, respectiv filtrare.

Pentru domeniul separării centrifugale — cazul suspensiilor de particule foarte fine, care nu s-au putut separa prin alte metode — experimentările s-au făcut pe o instalație de laborator cuprinzînd ca element principal un separator centrifugal cu talere din fabricația curentă a Întreprinderii Tehnofrig—Cluj și echipată cu aparatura necesară pentru măsurarea parametrilor procesului urmărit. Schema principală a instalației este dată în fig. 11.12; aspectul general al ansamblului se poate examina în fig. 11.13.

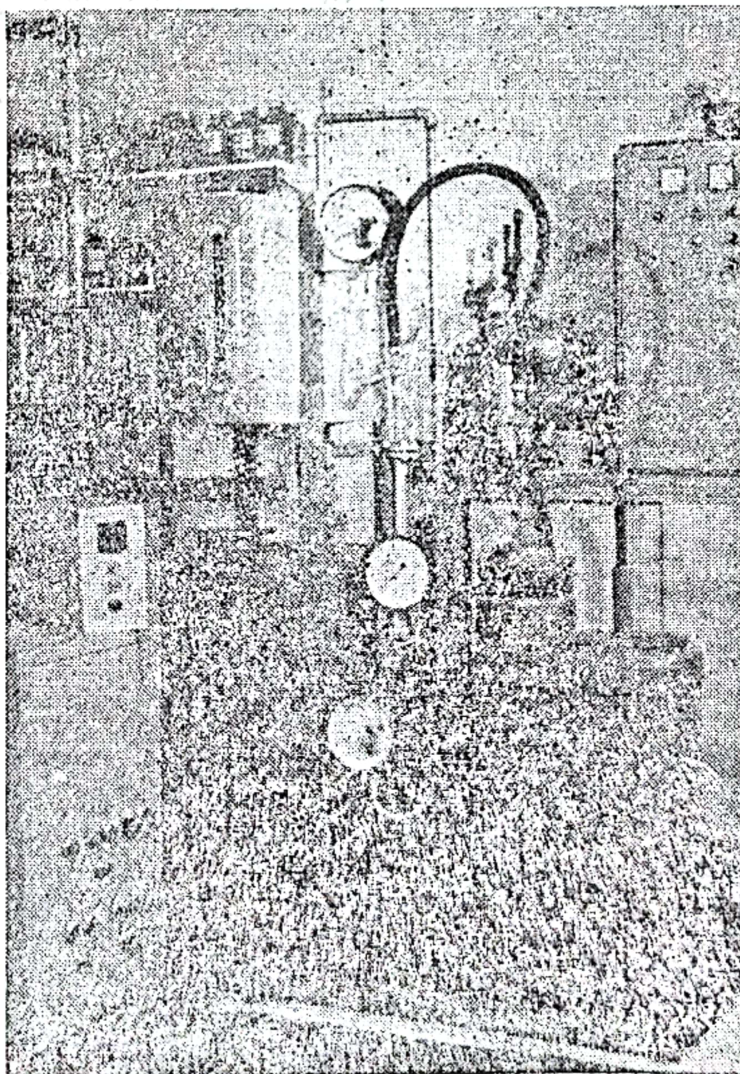


Fig. 11.13. Vederea de ansamblu a instalației de laborator pentru separarea centrifugală — I.C.T.C.M.

Tabelul 11.2. **Rezultate experimentale obținute la separarea centrifugală a unor suspensii industriale**

Proba	Natura suspensiei		Concentrația în fază solidă %	
	Faza lichidă	Faza solidă	La alimentare	La evacuare
Ape acide și alcaline	Apă dedurizată Hidroxid de Na Silicat de Na Fosfat trisodic	Precipitate din soluție Particule de praf și produse secundare de reacție	1,034	16,572
Ape cianurice	Apă dedurizată Hidroxid de Na Cianură de Na Agenți de luciu	Precipitate din solvent Particule de praf și produse secundare de reacție	6,570	24,220
Soluție de spălare anorganică	Apă industrială Detergent tip R (10%) și RA (5%)	Microparticule de șpan antrenate în suspensie de răcire oxizi praf	0,610	2,962
Emulsie de la mașini de rectificat	Apă industrială Emulsie de rectificare tip 1076 (2%)	Microparticule de șpan metalic, abraziv de la sculele de rectificat	0,338	4,987
Emulsie de la lustruire	Apă industrială Ulei emulsionabil PE 1 tip A Agenți antioxidanți	Microparticule metalice Praf abraziv antrenat din pasta de lustruit	0,152	1,620

Suspensiile, alese ca reprezentative pentru a fi utilizate, au fost preluate din băi de acoperiri metalice și din sistemul de răcire de la unele mașini-unelte de prelucrare prin finisare; concentrațiile inițiale și finale ale acestor lichide sînt date în tabelul 11.2.

Determinările au urmărit stabilirea următorilor parametri:

— debitul, presiunea și timpul, ca valori optime ale procesului de separare centrifugală;

— concentrația fazei solide în lichidul tratat și cantitatea de sediment obținut (analiza cantitativă);

— granulometria particulelor de fază solidă rămase în lichidul tratat (analiza calitativă).

În vederea determinării timpului de lucru optim, s-au făcut măsurări ale presiunii la alimentare la debit constant, ținînd seamă că pe măsura desfășurării operației de separare cantitatea de sediment depus influențează parametrii hidrodinamici ai separatorului.

Curbele ridicate în diagrama din fig. 11.14 reprezintă variația în timp a valorilor măsurate pentru presiune și cantitatea de sediment. Din examinarea acestor curbe se vede că există o valoare a cantității de sediment, peste care acesta nu mai crește, în mod esențial, oricît s-ar mări

presiunea la alimentare; această valoare recomandă un timp optim al separării de circa 8...10 min, timp peste care separarea scade în eficacitate, fiind necesară evacuarea sedimentului. Cantitatea de sediment depus în acest interval de timp reprezintă 91,4% din faza solidă inițială.

Pentru determinarea celui de-al doilea parametru de bază al funcționării, debitul, s-au făcut măsurări ale acestuia, la suspensii cu diferite

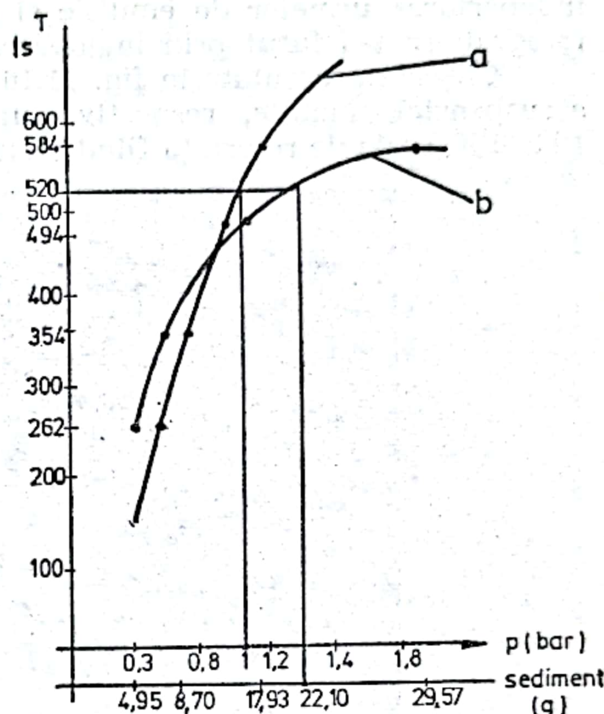


Fig. 11.14. Curba de variație în timp a presiunii la alimentare și a cantității de sediment, ridicată experimental:
a — presiunea; *b* — cantitatea de sediment.

concentrații în fază solidă, pentru obținerea unei cantități constante date de sediment (g_{sed}), la presiune constantă. Rezultatele sînt prezentate în diagrama din fig. 11.15. Se găsește astfel o valoare optimă a debitului, de la care, în jos, concentrația în fază solidă nu mai influențează procesul. S-a verificat astfel debitul optim de circa 100 l/h, determinat prin calcul [6]. În diagramă s-a trasat și valoarea debitului pompei pentru a marca limita superioară posibilă a variației.

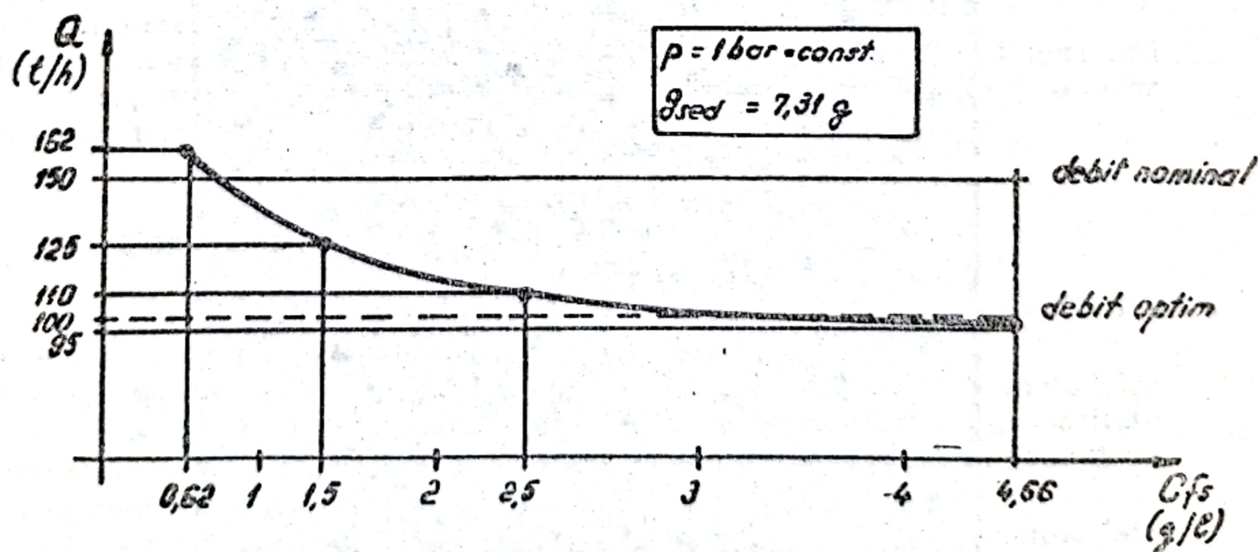


Fig. 11.15. Curba de variație a debitului cu concentrația suspensiei, ridicată experimental.

Un ultim obiectiv al cercetării a fost examinarea aspectului calitativ al operației. Metoda adoptată pentru determinarea gradului de finețe al particulelor de fază solidă separată a fost măsurarea directă, pe microfotografii obținute la microscopul electronic cu baleiaj, utilizîndu-se eșantioane din probele făcute pentru suspensii de diferite concentrații. Eșantioanele au fost în prealabil filtrate, spălate cu solvenți organici pentru îndepărtarea urmelor de emulsie și calcinate. Prepararea pentru microfotografiere s-a făcut prin înglobarea particulelor într-o rășină specială.

Clișeele prezentate în fig. 11.16 și 11.17 redau imaginea fazei solide a suspensiei, înainte, respectiv după separare. Mărirea totală este de 10 000 X, scala de referință fiind inclusă în microfotografii.

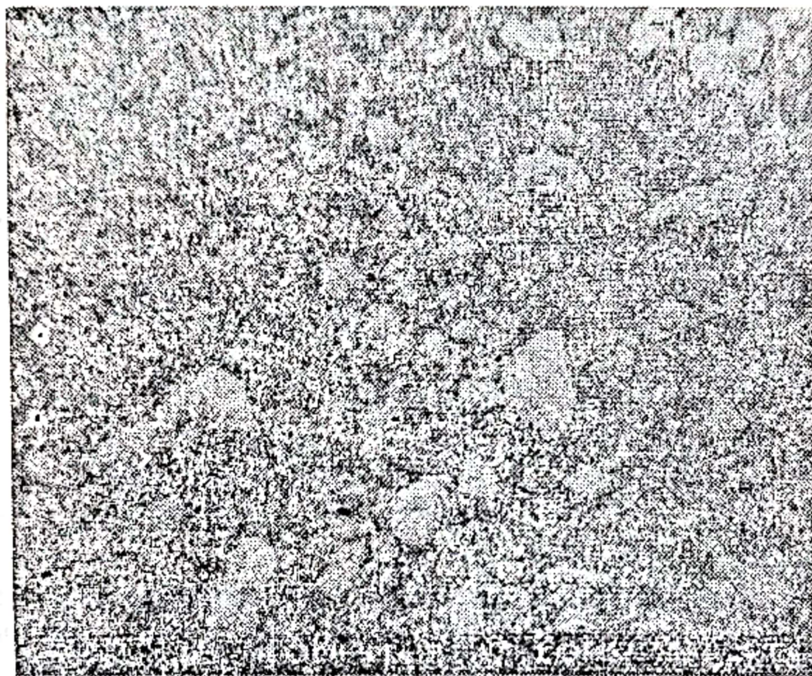


Fig. 11.16. Structura fazei solide din suspensia brută.

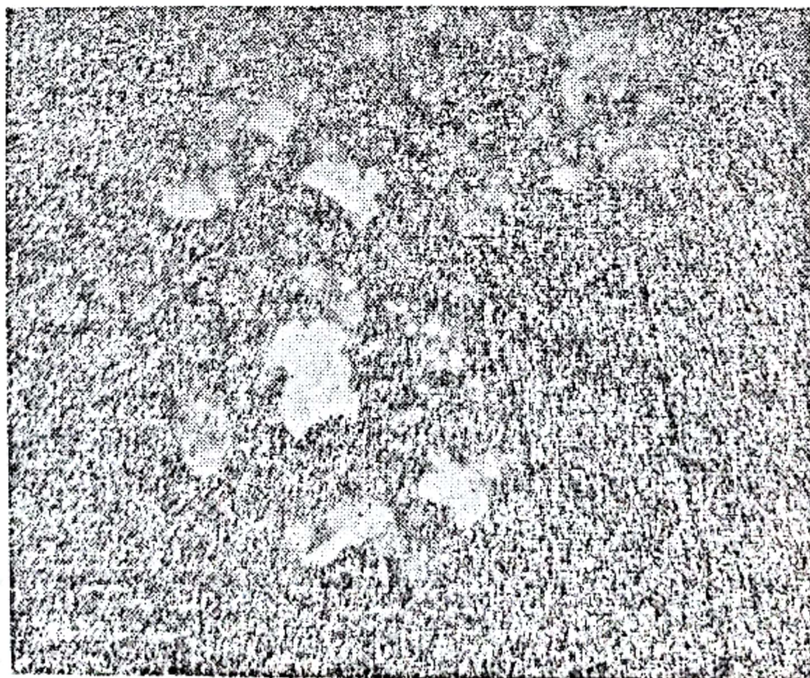


Fig. 11.17. Structura fazei solide rămase în suspensie după centrifugare.

S-au examinat particule fotografiate, din punct de vedere al mărimii caracteristice și al formei, utilizînd relații curente de granulometrie și anume [6]:

— pentru măsurarea mărimii particulelor, s-a determinat diametrul echivalent (diametrul Feret) prin calculul mediei aritmetice între dimensiunea maximă și minimă; valoarea medie statistică s-a determinat prin măsurarea unui număr de 12 particule; diametrul statistic astfel măsurat se situează în limitele:

$$X_{Fe}=0{,}2\ldots0{,}5\ \mu m;$$

— pentru aprecierea formei, s-a ales scara Rittenhouse de sfericitate. Relația de calcul este cea propusă de Riley și este exprimată prin raportul între diametrul cercului de arie egală cu aria proiecției particulei și diametrul cercului circumscris, proiecției particulei. Rezultatele obținute prin măsurări pe 12 particule diferite dau valori cuprinse în limitele:

$$Ry=0{,}75\ldots0{,}99$$

Aspectul general al sedimentului obținut este de mîl foarte fin, de culoarea oxidului de fier. Fotografia din fig. 11.18, făcută pe un taler din zona de mijloc a pachetului arată urmele traiectoriilor parcurse de particule; acestea au formă rectilinie și sînt orientate radial. Forma traiectoriilor diferă de evolventa caracteristică, cunoscută în practica separării centrifugale, datorită turației rotorului care depășește valoarea strict necesară pentru separare, deoarece s-a urmărit o antrenare cît mai completă a celor mai mici particule posibil de deplasat.

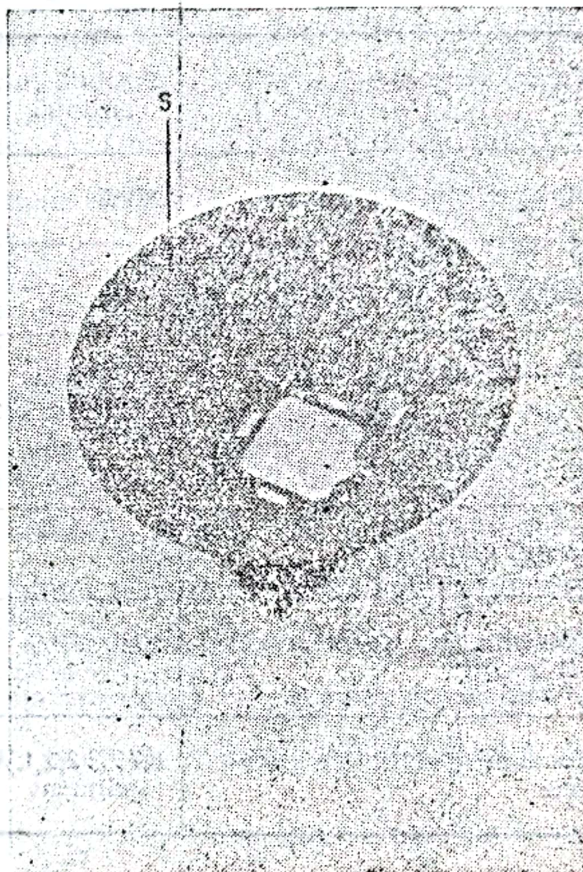


Fig. 11.18. Taler de separator cu traiectoriile particulelor (*S*) materializate prin uscarea sedimentului rezidual.

4. Concluzii

Din analiza ansamblului de date obținute în urma experimentărilor prezentate, se conturează o serie de concluzii.

a. Procedeul separării centrifugale este superior calitativ metodelor de filtrare statică, în cazul suspensiilor foarte fine. Această superioritate este evidențiată prin indicele volumic de separare *SVI* și prin gradul de recuperare a fazei solide.

b. Utilizarea separării centrifugale este mai eficientă economic față de alte sisteme de suprafiltrare, prin consumul redus de materiale deficitare, energie și întreținere, în medie cu circa 30%. Aceste criterii de

Tabelul 11.3. **Paralelă între sistemele centrifugal și static existente în exploatare**

Criterii	Procedeu	
	Centrifuge	Prese-filtru
Funcționare	Posibilă funcționarea continuă	Funcționare intermitentă de șarje
Masa mașinii	Mică	Mare
Suprafața utilă ocupată	Mică	Mare
Condiții de sedimentare	Fără sau cu cantități mici de floculanți organici	Ca agenți organici, de filtrare (oxid de calciu, sulfat de fier) în cantități relativ mari
Costul exploatării	Mic	Mare
Conținut de fază solidă obtenabil	15 ... 25%	35 ... 45%
Consum specific de energie	0,7 ... 2,5 kWh/m^3 sediment	1 ... 3,6 kWh/m^3 sediment

comparație se regăsesc principial în tabelul 11.3, care reproduce o paralelă între centrifugare și filtre-presă utilizate în sistemele actuale de tratare a suspensiilor, la nivel european [4].

c. Instalațiile de tratare a lichidelor tehnologice prin procedeul considerat pot fi echipate cu separatoare centrifugale din fabricația curentă, prin extinderea domeniului de aplicare; adaptarea este posibilă prin reproiectarea unor subansambluri specifice, urmărindu-se în principal: asigurarea presiunii constante la alimentare, adoptarea unui sistem simplu de evacuare continuă a sedimentului; reducerea turației la limitele rezultate din calculul hidraulic pentru debitul dat [7].

d. Experimentările au pus în evidență flexibilitatea în funcționare a separatorului centrifugal, prin posibilitățile de adaptare, relativ ușoară, la diferite tipuri de suspensii (prin varierea turației, a numărului de talere, a razei interioare, a debitului, presiunii, timpului de retenție); concluzia este confirmată de rezultatele măsurătorilor, care stabilesc independența, între anumite limite, între concentrația inițială și finală a suspensiei, aceasta depinzînd în primul rînd de performanțele funcționale ale mașinii. De asemenea, se remarcă ușurința de a fi adaptat într-un program automat.

BIBLIOGRAFIE

1. ALBERTSON, O., VAUGHN, D. *Handling of solid wastes*. În: *Chemical Engineering Progress*, vol. 67, Nr. 9, 1971.
2. DAHLHEIMER, H. *Praktische Erfahrung beim Separieren von alkalischen wässringen Lösungen*. În: Galvanotechnik, Heft 7, 1982.
3. * * * *DEMAG-Späne — waschanlagen, system Ellerwerk*. Prospect comercial, 1978.
4. * * * *Economic Commision for Europe; Engineering Equipment for Waste-Water Management*. in: the ECE Countries, 1984.
5. FRAMPTON, G. *High-speed centrifuges*. În: Chemical and Process Engineering, Nr. 11, 1965.
6. ENE, GH. *Determinări ale mărimilor caracteristice în granulometrie*. Ref. doctorat I.P.B., 1984.
7. HRISTESCU C., SIMION A., PETREA D. *Experimentări de laborator pe filtrul centrifugal*. I.C.T.C.M. București, 1986.
8. IATAN, R., STOIAN E. *Considerații privind capacitatea de lucru a centrifugelor filtrante*. În: Buletin I.P.B., 1978.
9. KEITH, F., MOLL, R. *Matching a dewatering centrifuge to waste sluge*. În: Chemical Engineering Progress, vol. 67, Nr. 9, 1971.
10. MONOSTORI, E. *Kontinuierliche Abtrennung des Niederschlages aus chemischen Oberflächenbehandlungsbädern mittels Zentrifugen*. În: „Mechanische Flüssigkeitsabtrennung", Technische Hochschule Otto von Guericke, Magdeburg, 1981.
11. RENERT, M. *Calculul și construcția utilajului chimic*. Vol. 2. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1981.
12. RENERT, M., OPRIȘAN, GH. *Fiabilitatea utilajelor și instalațiilor industriei chimice*. București, Editura Tehnică, 1980.
13. SCHNURRNBERGER, W. *Centrifuge Escher-Wyss pentru tehnologia de separare mecanică*. Ref. exp. SULZER-ESCHER WYSS, 1979.
14. SCHWICKING-SCHULZE, T. *Waschlaugenreinigung mit Zentrifugalseparatoren*. În: Galvanotechnik, Heft 7, 1982.
15. * * * TEHNOFRIG — Cluj-Napoca, *Separator de lapte SECEL 4*. Cartea mașinii, 1980.

V

TEHNOLOGII INDUSTRIALE DE MARE EFICIENȚĂ ECONOMICĂ

12

Tehnologii și materiale pentru obținerea fibrelor optice

Prof. dr. ing. *Dolphi Drimer*
Ing. *Cornel Vlad*
Institutul Politehnic București

1. Considerații generale

Fibrele optice se produc astăzi într-o gamă din ce în ce mai largă, pentru cele mai diverse aplicații în cele mai diverse domenii ale tehnicii dar mai ales în telecomunicații. Condițiile tehnice severe impuse de aplicațiile mai deosebite, pe de o parte, și procesul de masificare a producției, de diminuare a caracterului său artizanal, avînd ca urmare scăderea prețului de cost al fibrei optice și atragerea unor noi utilizatori, pe de altă parte, sînt, fără îndoială, numai doi dintre factorii care au determinat progresele remarcabile înregistrate în acest domeniu în ultimii cincisprezece ani.

Pentru a sintetiza, se poate afirma că eforturile de cercetare încununate pînă în prezent de succese notabile sînt îndreptate în două direcții principale: găsirea unor materiale cu caracteristici superioare și punerea la punct a unor tehnologii și instalații cît mai performante, capabile să asigure calitatea dorită, la costuri cît mai accesibile.

Indiferent de compoziția aleasă, materialul dielectric utilizat pentru obținerea fibrelor optice trebuie să răspundă următoarelor cerințe generale:

— să aibă transparență cît mai bună la lungimea de undă a semnalului luminos folosit;
— să aibă o cît mai bună stabilitate chimică în timp;
— să fie ușor prelucrabil în toate fazele procesului tehnologic.

Pe baza experienței producătorilor de fibră optică, materialele cu cea mai largă utilizare se pot grupa în trei categorii:

— bioxid de siliciu pur și amestecuri ale acestuia cu alți oxizi în cantități mici, denumiți și dopanți;
— sticle multicompozite;
— materiale plastice.

Literatura de specialitate menționează și unele încercări de a se utiliza substanțe în stare lichidă pentru miezul fibrei optice. Deși există asemenea substanțe cu indici de refracție ce se înscriu în limitele dorite, rezultatele obținute nu au fost satisfăcătoare, iar ideea a fost abandonată, mai ales datorită slabei stabilități chimice a substanțelor respective, cu urmări negative asupra constanței în timp a caracteristicilor fibrei optice.

Dacă se are în vedere prelucrabilitatea materialelor menționate mai înainte, este evidentă superioritatea polimerilor, care nu necesită tem-

peraturi de lucru prea înalte. Cu toate că utilizarea materialelor plastice, nu numai pentru învelişul optic ci şi pentru miez, este un subiect interesant de cercetare şi experiment, caracteristicile optice net inferioare în raport cu cele ale sticlei le recomandă numai pentru transmisii la distanţe mici, unde atenuarea semnalului optic de-a lungul fibrei are doar o importanţă secundară.

Iată deci cele cîteva considerente pentru care în prezent se remarcă superioritatea primelor două tipuri de materiale şi anume sticlele pe bază de silice şi cele multicompozite, care, de altfel, au acelaşi component de bază — bioxidul de siliciu. Deosebirile dintre cele două grupe de materiale apar cel mai net cînd se pune problema alegerii tehnologiei de prelucrare pentru obţinerea fibrei optice. Desigur, performanţele produsului final — fibra — depind în mod direct de materialul întrebuinţat dar şi de tehnologia de realizare, existînd însă şi un sistem de restricţii prin care materialul condiţionează tehnologia care face posibilă prelucrarea sa, astfel încît să rezulte fibra optică cu parametrii doriţi.

Se poate afirma că, dat fiind evantaiul larg de compoziţii, pornind de la bioxidul de siliciu pur, pînă la sticlele multicompozite, graniţa dintre cele două grupe de materiale este greu de precizat, compoziţiile cele mai utilizate situîndu-se însă la capetele intervalului.

Atît bioxidul de siliciu pur cît şi sticla multicompozită au structură amorfă, sînt anizotrope şi se trag în fire din stare lichidă la temperaturi înalte. Răcirea rapidă a materialului topit duce la formarea unei sticle stabile şi omogene, în ciuda tranziţiei printr-un domeniu termic în care este posibilă apariţia cu totul nedorită a cristalelor.

2. Tehnologii pentru fabricarea fibrelor optice cu conţinut înalt de bioxid de siliciu. Depunerea chimică din fază de vapori (DCV)

Cercetările efectuate în ultimii zece ani au permis elaborarea cîtorva variante ale tehnologiei bazate pe depunerea chimică din faza de vapori, toate aceste variante avînd însă un element comun, anume existenţa a două etape distincte.

Prima etapă constă în realizarea unei baghete din sticlă cu compoziţia dorită, denumită preformă care, în a doua etapă, se încălzeşte la temperatura de 1 800 ... 2 000°C, în vederea operaţiei de tragere în fibră. În general, etapa de tragere nu diferă de la un procedeu la altul, utilajul folosit fiind cel puţin similar, dacă nu chiar identic în toate cazurile; ceea ce însă deosebeşte net diferitele variante ale tehnologiei depunerii chimice din fază de vapori, este modul de realizare a preformei. În toate variantele sale, metoda prezintă avantajul considerabil de a permite, încă din prima etapă, un control riguros al profilului indicelui de refracţie care, prin operaţia de tragere, se reproduce în mod riguros la fibra rezultată. Metoda depunerii chimice din fază de vapori este utilizată pe scară largă şi în industria semiconductorilor.

Bioxidul de siliciu şi oxizii utilizaţi ca dopanţi sînt sintetizaţi prin oxidare din fază de vapori la temperaturi înalte, compuşii de la care se porneşte de cele mai multe ori fiind halogenuri ale elementelor dorite, care se vaporizează într-un jet de gaz (oxigen sau un gaz neutru — argon).

După o îmbogățire ulterioară cu oxigen, compușii respectivi sînt purtați de jetul de gaz într-o zonă cu temperaturi ridicate, unde aceștia reacționează cu oxigenul, rezultînd o dispersie de particule fine de sticlă, cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de „funingine". „Funinginea" poate fi colectată sub formă de praf sau poate fi depusă pe o suprafață aflată la temperatură înaltă pentru a forma un solid poros.

La temperatura camerei halogenurile utilizate în cadrul acestei tehnologii se află în stare lichidă sau sub formă de vapori și pot fi purificate prin diferite metode, dintre care cea mai răspîndită este distilarea. Astfel se pot obține sticle cu puritate înaltă, necesare pentru fibrele optice cu atenuări scăzute.

Procesul oxidării din fază de vapori în vederea obținerii preformei poate avea loc în mai multe variante ce diferă atît prin faza sintezei oxizilor cît și prin geometria depunerii sticlei. Numărul relativ mare de variante ale tehnologiei bazate pe depunerea chimică din fază de vapori poate fi împărțit în două categorii în funcție de dispunerea zonei în care are loc depunerea „funinginei":

— tehnologii utilizînd depunerea interioară din fază de vapori;
— tehnologii utilizînd depunerea exterioară din fază de vapori.

O altă clasificare se poate face după sursa utilizată pentru a asigura încălzirea locală la temperaturi ridicate în vederea formării sticlei. Se cunosc metode care utilizează în acest scop arzătoare cu hidrogen și oxigen, generatoare de plasmă sau laseri.

Oxidarea interioară din faza de vapori (OIFV). Tehnologia OIFV constă în depunerea de straturi de sticlă cu conținut înalt de silice pe pereții interiori ai unui tub de sticlă de SiO_2, ce formează suportul pentru materialul de aport.

În finalul procesului de depunere, preforma obținută va avea caracteristicile dorite pentru fibrele optice ce vor rezulta prin tragere. În acest scop, în timpul depunerii, bioxidului de siliciu i se adaugă alți oxizi, care au rolul de a modifica indicele de refracție al sticlei. Printr-un control riguros al variației concentrației dopanților, se realizează atît controlul aperturii numerice cît și al profilului indicelui de refracție, obținîndu-se apoi preformele dorite pentru fibre optice monomod cu gradient sau salt al indicelui de refracție.

Așa cum reiese și din schema de principiu prezentată în fig. 12.1, amestecul de gaze cu compoziția dorită este introdus într-un tub de sticlă

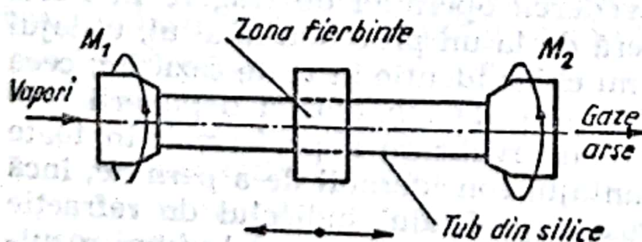


Fig. 12.1. Schema de principiu a metodei OIFV.

care se rotește încet în jurul axei sale. Sursa de căldură, care poate fi un cuptor cu rezistență sau o baterie de arzătoare cu hidrogen și oxigen, se deplasează axial, în sensul de curgere a gazului reactiv. După o trecere activă de la un capăt la celălalt al tubului, arzătoarele execută o mișcare rapidă înapoi, în punctul inițial al cursei și ciclul este reluat. Diametrul preformei poate fi reglat controlînd presiunea gazelor în inte-

riorul tubului. Mișcarea de rotație a ansamblului are rolul de a elimina o încălzire neuniformă, care ar determina grosimi diferite ale stratului depus. Deplasarea axială a sursei de căldură este impusă de faptul că o parte dintre oxizii rezultați, în urma reacțiilor din zona fierbinte, sînt purtați de jetul de gaz și se depun sub formă de „funingine" pe pereții tubului, dincolo de această zonă.

Dacă temperatura zonei fierbinți, care depinde de temperatura și viteza de avans a încălzitorului, este suficient de ridicată, „funinginea" se transformă în sticlă încă din momentul depunerii. Rezultatul constă într-o peliculă de sticlă solidă cu transparență bună și fără bule de gaz. Acest proces, cunoscut sub denumirea de „depunere chimică modificată din fază de vapori" (D.C.M.V.), este preferat în cadrul tehnicilor OIFV primei metode de „depunere chimică din fază de vapori", în cadrul căreia rezultă o preformă constituită din straturi poroase de funingine care trebuie supusă ulterior unui proces de încălzire pentru a se obține sticla dorită. Cu ajutorul metodei DCMV rezultă fibre optice fără imperfecțiuni de material.

Fiecare strat de sticlă cu grosime de 5 ... 15 μm este uniform de-a lungul întregului suport, întrucît temperatura, viteza de avans a încălzitorului și compoziția reactivului sînt menținute constante în timpul depunerii. Pe de altă parte însă, numărul straturilor ce pot fi depuse este limitat de tensiunile interne ce apar în preformă ca urmare a diferențelor între coeficienții de dilatare termică ai suportului exterior și cei ai straturilor interioare (silică+oxizi dopanți). În mod uzual, este posibilă depunerea a 80 ... 100 de straturi de sticlă înainte ca să apară fisuri ale depozitului realizat, ceea ce corespunde unei grosimi totale a sticlei de circa 1 mm.

Alegerea materialelor de adaos și concentrația acestora se face în funcție de proprietățile optice ale sticlei rezultate cît și de efectul asupra celorlalte proprietăți fizice ale structurii atît de complexe care este fibra optică.

Influența substanțelor de adaos asupra proprietăților sticlei obținute. Așa cum s-a mai amintit de altfel, substanțele de adaos (dopanți) au rolul de a determina diferența dorită între valorile indicelui de refracție al miezului și, respectiv, al învelișului optic al fibrei, ceea ce permite propagarea luminii prin reflexii totale succesive.

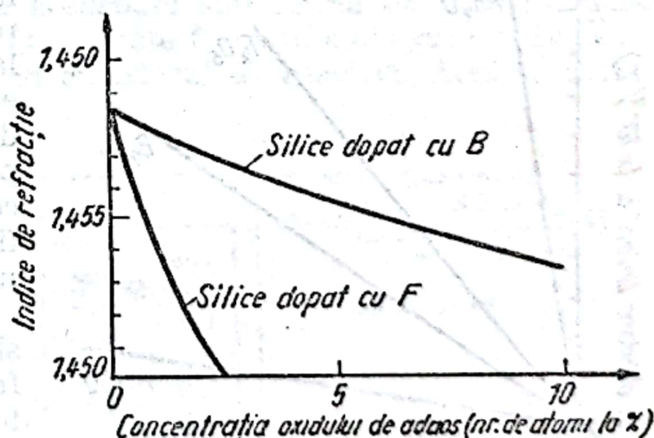


Fig. 12.2. Variația indicelui de refracție al sticlei pe bază de bioxid de siliciu, cu concentrația dopanților pentru învelișul optic.

Astfel, dacă se adaugă în bioxidul de siliciu fluor sau B_2O_3 se obține o sticlă corespunzătoare pentru învelișul optic întrucît aceste substanțe produc, așa cum rezultă și din diagrama prezentată în fig. 12.2, o scădere a indicelui de refracție.

După cum se poate observa din fig. 12.3, dacă se dopează silica cu P_2O_5, sau GeO_2 sau TiO_2, rezultă sticle utilizabile pentru miezul fibrei, deoarece prezența oxizilor respectivi determină o creștere a valorii indicelui de refracție față de cea corespunzătoare materialului de bază.

Un efect similar — creșterea indicelui de refracție — apare și ca urmare a dopării cu Al_2O_3, Ta_2O_5, ZrO_2 sau Nb_2O_3.

O a doua problemă care trebuie luată în considerație este legată de modificarea coeficientului de dilatare al sticlei prin adăugarea unuia sau altuia dintre oxizii menționați (fig. 12.4). Dacă materialul miezului are coeficientul de dilatare mai mare decît cel al învelișului optic, atunci, în timpul răcirii, miezul va fi supus la întindere iar învelișul la compresiune, tensiunile interne astfel apărute avînd o repartiție variabilă în funcție de diametrul preformei.

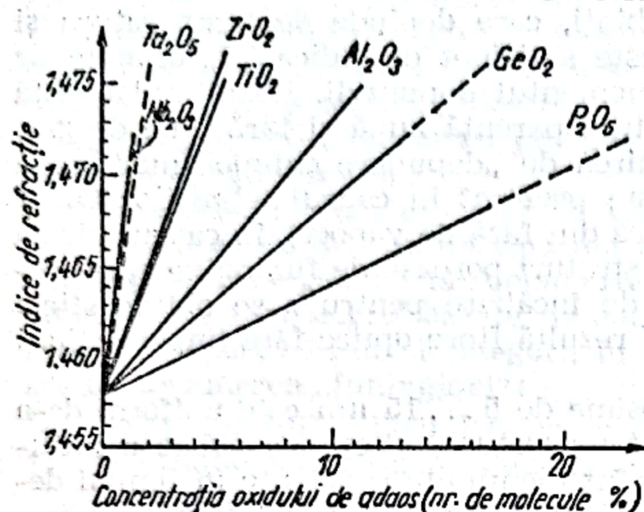


Fig. 12.3. Indicele de refracție al sticlelor binare pentru miezul fibrei optice.

În limitele rezonabile ale concentrațiilor, materialul se fisurează numai la suprafața liberă iar acest fenomen apare doar ca urmare a unei solicitări suplimentare.

Printr-o analiză atentă a diagramelor prezentate mai înainte se pot evalua parametrii care determină alegerea substanțelor de adaos.

De exemplu, pentru o fibră optică avînd miezul din SiO_2 dopat cu GeO_2, învelișul optic din silice pură și apertură numerică NA=0,2, tensiunile interne axiale pot ajunge la valori de ordinul 10 daN/mm². Dacă se aplică însă un dopaj al învelișului optic cu B_2O_3, tensiunile interne se vor diminua întrucît acest oxid echilibrează coeficienții de dilatare între materialul miezului și, respectiv, al învelișului optic. În același timp, adaosul de B_2O_3 are ca efect diminuarea valorii indicelui de refracție, sub valoarea corespunzătoare bioxidului de siliciu, ceea ce permite obținerea unor fibre cu apertură numerică mai mare.

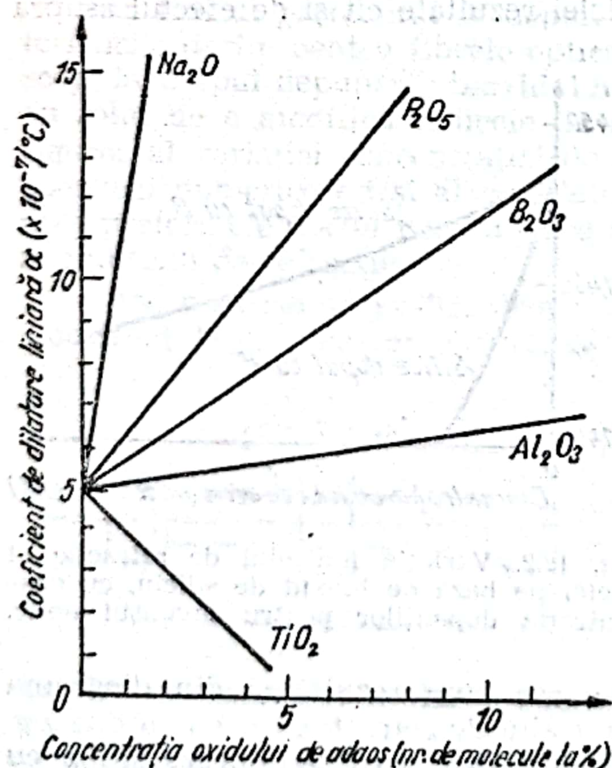
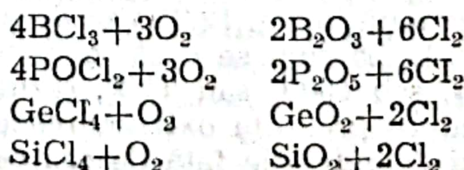


Fig. 12.4. Variația coeficientului de dilatare în funcție de concentrația dopantului.

Borul, fosforul și germaniul sînt elementele utilizate cel mai frecvent pentru doparea bioxidului de siliciu, contribuind la obținerea unei atenuări mici și a unei aperturi numerice mai mari. În procesul de pregătire a preformei, oxizii elementelor respective și silicea rezultă din următoarele reacții chimice:



$4BCl_3+3O_2 \quad 2B_2O_3+6Cl_2$

$4POCl_3+3O_2 \quad 2P_2O_5+6Cl_2$

$GeCl_4+O_2 \quad GeO_2+2Cl_2$

$SiCl_4+O_2 \quad SiO_2+2Cl_2$

Aşa cum rezultă şi din diagramele prezentate în fig. 12.4, dacă se utilizează ca dopant bioxidul de germaniu, apertura numerică va fi mai mare decît în cazul utilizării pentaoxidului de fosfor. În orice caz, prezenţa oxidului de germaniu în materialul de bază nu duce la diminuarea suficientă a temperaturii de transformare a sticlei astfel obţinute şi, pentru a preveni transformările nedorite ce pot avea loc prin încălzirea materialului la temperaturi înalte, în general, se adaugă o cantitate mică (3%) de oxid de fosfor.

Procesul de depunere chimică. Aşa cum s-a mai menţionat, în faza de depunere chimică pentru realizarea preformei se porneşte de la substanţele componente aflate în stare lichidă, ceea ce permite asigurarea, prin procesul de vaporizare care are loc într-o primă etapă, a unei purităţi corespunzătoare a acestora precum şi a unui control riguros al compoziţiei amestecului de gaze rezultat. În fig. 12.5 este prezentat schematic procesul depunerii chimice din fază de vapori. Vaporii de $SiCl_4$, GCl_4, $POCl_3$, se obţin trecînd în mod controlat oxigen prin recipienţii de tip Drechsel, în care se află halogenurile respective în stare lichidă. Pe de altă parte, BCl_3 se evaporă în mod spontan, nemaifiind necesar aportul oxigenului. După ce are loc stabilirea proporţiei reactivilor în funcţie de valoarea indicelui de refracţie dorit pentru pelicula ce se depune, se mai adaugă oxigen amestecului respectiv, cu scopul de a se obţine debitul necesar al gazului care se va sufla în tubul în care are loc reacţia şi depunerea straturilor succesive de sticlă la o temperatură de circa 1 500°C.

În cazul procesului de depunere chimică din fază de vapori modificat, în locul oxigenului, rolul de gaz purtător este îndeplinit de un gaz inert — de obicei argon — cantitatea de oxigen necesară reacţiei, măsurată prin metode stoichiometrice, adăugîndu-se înainte ca amestecul de reactivi să fie suflat în tub.

Una din problemele care se poate ivi, şi anume neomogenitatea straturilor de sticlă ca urmare a absorbţiei sub formă de bule în masa depusă a surplusului de gaz purtător, poate fi soluţionată prin adăugarea unei anumite proporţii de heliu în amestecul de reactivi. Acesta, avînd

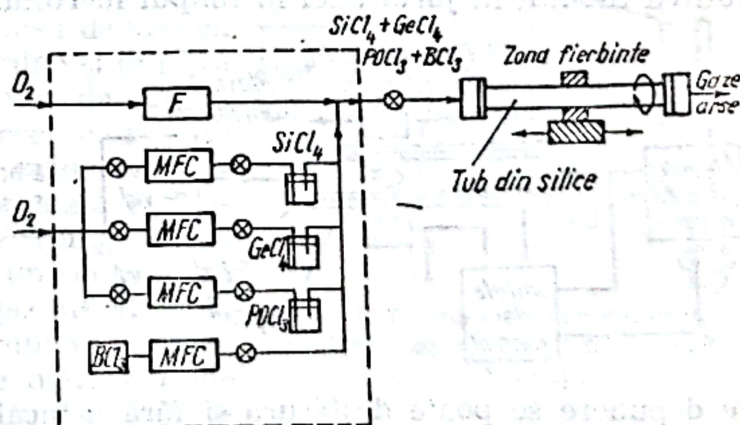


Fig. 12.5. Schema procesului depunerii chimice din fază de vapori.

rază atomică mai mică, poate trece cu uşurinţă prin structura sub formă de reţea a sticlei în timpul procesului de fuziune, împiedicînd astfel formarea şi închiderea bulelor de gaz. În acest mod, se pot obţine straturi de sticlă cu grosimi de 5—6 ori mai mari decît cele obţinute prin metoda convenţională, ceea ce duce implicit la reducerea substanţială a duratei de timp necesare obţinerii preformei.

Faza de închidere a preformei și de obținere a caracteristicilor finale. Înaintea acestei faze, preforma se prezintă ca un tub format din straturi succesive de sticlă cu compoziție diferită urmărind însă la scară mare profilul indicelui de refracție dorit pentru fibra optică ce urmează să se realizeze. Închiderea preformei se face prin încălzire pînă la circa 1 900°C, temperatură la care materialul aflat în stare plastică se deformează într-atît, ca urmare a tensiunilor superficiale mari, încît secțiunea tubului scade, iar gaura rămasă după prima fază de realizare a preformei dispare. Această operație este necesară pentru a preîntîmpina apariția fisurării sticlei, determinate în timpul răcirii de existența unei suprafețe interioare libere precum și de includerea în masa fibrei optice a unor impurități datorate agenților externi care acționează în timpul procesului ulterior de tragere.

Prin încălzirea preformei la temperatura de închidere are loc însă și evaporarea unei părți din oxidul dopant aflat în stratul de la interior, fenomen nedorit, care duce la micșorarea indicelui de refracție în zona centrală. Acest impediment se poate înlătura fie prin doparea în exces a stratului depus la interior, fie prin suflarea prin tub, în timpul închiderii, a unui amestec de oxigen și dopant în proporții controlate.

Depunerea chimică din fază de vapori activată cu plasmă. În cadrul acestei tehnologii de obținere a preformei, reacția de transformare a clorurilor în oxizi este stimulată cu ajutorul plasmei neizoterme, sistemul de încălzire utilizat de metodele precedente fiind înlocuit cu un generator de microunde și o cavitate de rezonanță, așa cum reiese de altfel și din fig. 12.6, care prezintă schema de principiu a tehnologiei de depunere activată cu plasmă.

Se menționează în literatură că domeniul de frecvențe poate fi cuprins între 2 și 3 GHz, iar puterea generatorului, 100 pînă la 500 W. Reactivii sînt introduși în tubul de silice folosit ca suport pentru depunere, presiunea la interior fiind menținută cu ajutorul unei pompe de vid la o valoare cuprinsă în intervalul de la 1 pînă la 50 torr. Simetria cavității de rezonanță — deci și a plasmei generate — determină depunerea unor straturi de material cu grosime constantă, fără a mai fi necesară rotirea tubului în jurul axei în timpul lucrului. S-a constatat că procesul

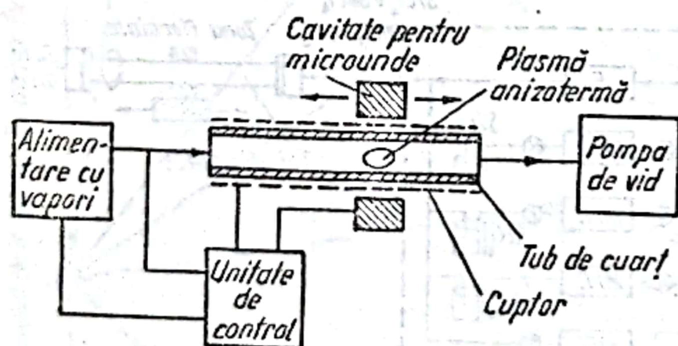


Fig. 12.6. Schema bloc a instalației pentru depunerea chimică din fază de vapori activată cu plasmă.

de depunere se poate desfășura și fără o încălzire suplimentară dar, în acest caz, există pericolul fisurării straturilor de sticlă rezultate. Acest neajuns poate fi înlăturat prin introducerea întregului ansamblu într-un cuptor electric de tip clasic, menținut la 1 000 ... 1 110°C. În bioxidul de siliciu depus rămîne într-o anume proporție clor rezultat din reacția de oxidare; această cantitate este însă invers proporțională cu temperatura de lucru. Chiar dacă se lucrează la temperaturi de circa 1 000°C, procentul de clor în masa depusă este relativ mare (circa 0,1), ceea ce nu repre-

zintă un inconvenient dacă semnalul luminos transmis prin fibrele optice obținute ulterior se înscrie în regiunea 0,6—1,1 μm, unde prezența clorului nu determină apariția unei benzi de absorbție suplimentară a luminii. Procedeul depunerii chimice din fază de vapori activat cu plasmă mai prezintă, ca urmare a modului în care se produce încălzirea — de la straturile nou depuse către interiorul materialului — și avantajul unei mai bune utilizări a substanțelor de aport. În literatura de specialitate se menționează randamente de depunere de circa 90 . . . 95% și viteze de 50 . . . 100 μm/min pentru o lungime de 1 cm a zonei de reacție. De asemenea, zona de reacție poate fi deplasată cu viteze mari, în lungul axei preformei, ceea ce permite depunerea unui număr mare de straturi de material (între 500 și 3 000), ceea ce se traduce prin posibilitatea unui control mai fin al profilului indicelui de refracție. După unii autori, utilizînd această metodă, s-au obținut fibre optice cu atenuarea minimă de 1,4 dB/km la 1,05 μm în cazul utilizării bioxidului de germaniu ca dopant.

Tehnologia oxidării exterioare din fază de vapori. Procesul „oxidării exterioare" constă în depunerea sticlei produse prin aceleași reacții chimice ca și în cazul „oxidării interioare" dar pe suprafața exterioară a unei baghete de silice sau grafit.

Așa cum reiese și din fig. 12.7, vaporii substanțelor participante la reacție sînt introduși împreună cu un combustibil gazos (metan, propan sau hidrogen) într-un arzător direcționat către bagheta de silice. Aceasta execută o mișcare de rotație combinată cu o mișcare de translație în lungul axei. Astfel, particulele de cenușă rezultată în urma reacțiilor de oxidare aderă de baghetă, se depun și formează straturi de sticlă poroasă. Concentrația dopanților în amestecul gazos este modificată după fiecare ciclu complet de mișcare a preformei, deci după fiecare strat depus, astfel încît să rezulte variația radială dorită a indicelui de refracție.

După finalizarea operației de depunere, bagheta care a jucat rolul de suport se scoate din preformă pentru a înlătura apariția unei valori anormale a indicelui de refracție în miezul fibrei optice. Metoda încălzirii exterioare cu flacără, utilizată în cazul acestui procedeu, determină dezavantajul impurificării sticlei depuse cu radicalul (—OH), care rămîne și în fibra optică într-o concentrație de 50 . . . 200 ppm, cu mult peste ceea ce rezultă prin utilizarea metodei oxidării interioare. La valoarea menționată a concentrației de hidroxil se ajunge după uscarea preformei într-un cuptor în care, prin suflare, un gaz uscat și la temperatură înaltă pătrunde în porii sticlei, eliminînd o parte mare a radicalilor (—OH) rămași în compoziția materialului. Totodată, prin menținerea mai mult timp a preformei în cuptor, are loc și consolidarea sticlei care, într-o primă etapă, avea constituție poroasă și caracteristici mecanice slabe. Conținutul de (—OH) se poate reduce mai mult dacă preforma este supusă unei operații de uscare în atmosferă controlată (clor). În același timp, are loc și consolidarea materialului, rezultînd o sticlă cu transparență mare, care se poate trage deja în fibre.

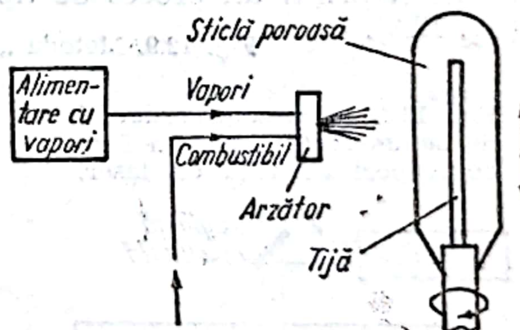


Fig. 12.7. Schema procedeului de oxidare exterioară din fază de vapori.

Utilizîndu-se această tehnică, au fost realizate fibre optice dopate cu P_2O_5 sau GeO_2, avînd caracteristici similare celor obținute prin metoda oxidării interioare, cu o singură excepție: atenuarea semnalului optic ia valori mai mari, ca urmare a impurificării materialului cu gruparea hidroxil.

Tehnologia depunerii chimice din fază de vapori activată cu laser. Metoda prezintă avantajul realizării unei încălziri „curate", fără riscul contaminării, pînă la temperaturi de circa 1 700°C, ceea ce duce la obținerea unei sticle cu puritate înaltă, al cărei conținut în radicali (—OH) este redus la 3—4 ppm.

În elaborarea preformei se pornește de la o baghetă de bioxid de siliciu, care, după cum se poate vedea în fig. 12.8, execută o mișcare de rotație și una de translație longitudinală, pe măsura ce are loc depunerea sticlei. Amestecul de substanțe care intră în reacție — tetraclorură de siliciu sub formă de vapori și oxigen — este introdus în recipientul de sticlă, în care se desfășoară depunerea, printr-o duză dispusă coaxial cu preforma.

La temperatura de lucru, tetraclorura de siliciu reacționează cu oxigenul, rezultînd bioxid de siliciu sub formă de „cenușă". Aceasta, sub acțiunea razei laser, este topită și transformată în sticlă, care se depune în straturi pe bagheta suport. Pentru a se obține uniformitatea peliculelor de sticlă depuse și constanța diametrului, preforma execută o mișcare de rotație combinată cu una de translație, viteza acesteia din urmă fiind egală cu viteza de depunere a sticlei. Cîteva dintre performanțele sistemului se pot sintetiza în următoarele cifre: pentru un laser CO_2 cu putere de 200 W, într-un timp de două ore și jumătate se obține o preformă cu diametrul de 10 mm și lungimea de 50 mm.

Tehnologia de realizare continuă a preformei — metoda „Verneuil". Metoda „Verneuil" permite, prin felul în care are loc depunerea chimică, realizarea în mod continuu a preformei, ceea ce o deosebește față de celelalte metode tradiționale. De fapt, preforma crește în direcție axială în urma depunerii de material pe una din suprafețele frontale ale baghetei printr-un proces de tipul oxidării exterioare din fază de vapori (fig. 12.9).

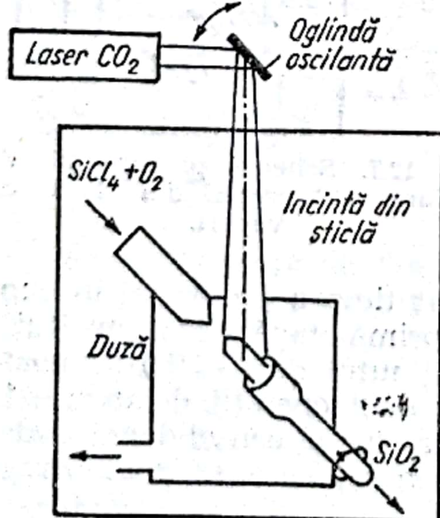


Fig. 12.8. Schema procedeului de depunere chimică din fază de vapori activată cu laser.

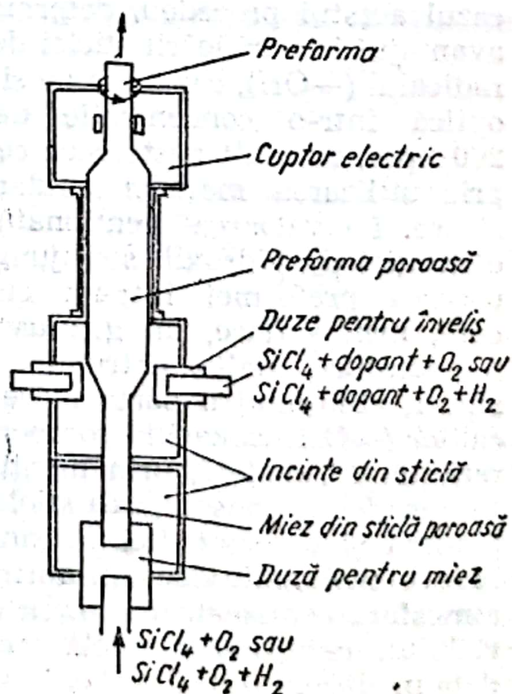


Fig. 12.9. Metoda „Verneuil".

Procesul de creştere are loc prin depunerea de particule fine de oxid colectate pe un suport (tub sau baghetă) rezultate în urma reacţiilor în fază gazoasă a compuşilor volatili ai siliciului şi ai elementelor dopante.

Baghetei pe care are loc depunerea i se imprimă o mişcare de rotaţie şi una de avans longitudinal. Prin intermediul unei duze plasate coaxial cu bagheta suport se suflă amestecul de tetraclorură de siliciu şi oxigen sau oxigen plus hidrogen, particulele fine de bioxid de siliciu ce se depun în urma reacţiei ducînd la formarea miezului preformei. Printr-o a doua duză, dispusă lateral, se introduce un amestec de vapori de tetraclorură de siliciu, compuşi ai elementelor de dopare şi oxigen sau amestec de oxigen şi hidrogen, rezultînd un număr de straturi de sticlă cu indice de refracţie mai mic faţă de cel al miezului.

Arzătoarele cu amestec de oxigen şi hidrogen pot fi înlocuite cu alte surse de căldură-generator de plasmă, laser sau rezistenţe electrice; în acest caz halogenurile reacţionează direct cu oxigenul şi se limitează prezenţa apei în masa preformei.

Profilul indicelui de refracţie poate fi controlat prin poziţia relativă a celor două duze şi prin distribuţia dopantului în duza dispusă perpendicular pe axa preformei. Dacă se utilizează un număr mai mare de suflante se poate efectua un control mai fin al compoziţiei amestecului $SiCl_4$+dopant şi, în consecinţă, al profilului indicelui de refracţie al preformei. În urma etapei de depunere chimică, materialul rezultat este poros, stabilizarea lui realizîndu-se într-un cuptor, la o temperatură de circa 1 100°C. Preforma obţinută are, în final, aspect transparent, solid şi fără imperfecţiuni grosiere. După unii autori, metoda permite obţinerea unor preforme din sticlă cu conţinut înalt de bioxid de siliciu, dopată cu GeO_2 şi P_2O_5, care se trag în fibre optice cu diametrul exterior de 130 μm şi diametrul miezului optic de 60 sau 90 μm. Pentru un semnal luminos din regiunea spectrală cuprinsă între 0,75 şi 1,1 μm, atenuarea se situează în jurul valorii de 5 dB/km, cu o excepţie — maxim de 9 ... 10 dB/km — pentru lungimea de undă de 0,95 μm. Aceste valori ale atenuării sînt determinate de prezenţa grupărilor hidroxil în proporţie de ordinul a 5 ppm.

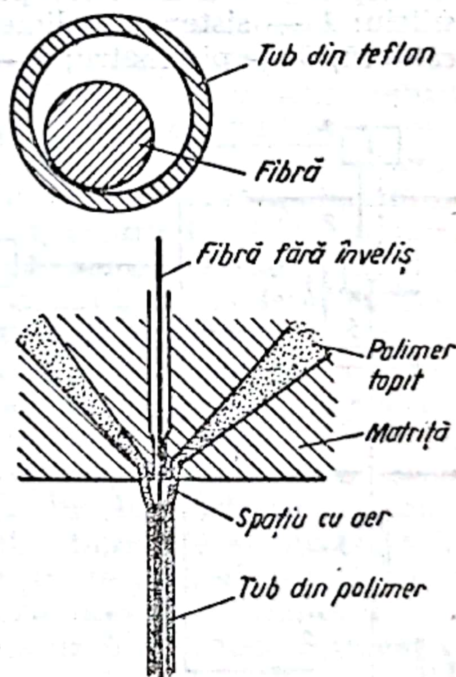


Fig. 12.10. Secţiune prin fibră şi prin matriţa de realizare a învelişului.

Fibre optice plastic-silice. Pe plan mondial s-au făcut numeroase încercări pentru a se realiza fibre optice într-o gamă variată din punct de vedere al parametrilor geometrici şi al materialelor utilizate, experimentîndu-se şi o serie de procedee de obţinere a acestora. Fibrele cu înveliş optic din materiale plastice, asupra cărora se vor face cîteva referiri în continuare, s-au dovedit a fi competitive prin caracteristicile tehnico-calitative comparabile cu cele ale fibrelor „tradiţionale" analizate mai înainte.

În cazul fibrelor plastic-silice, miezul este realizat din bioxid de siliciu pur iar învelişul optic — care poate să adere la miez sau nu — se obţine prin extrudare, aşa cum rezultă şi din fig. 12.10.

Rezultate foarte bune s-au obținut utilizîndu-se pentru miez silice de înaltă puritate, cu conținut scăzut de apă (radicali hidroxil) iar pentru înveliș, polimeri din grupa teflonului, cu indice de refracție scăzut. Unele experimentări au relevat că se pot atinge atenuări scăzute, de ordinul a 3 dB/km, și aperturi numerice mari — peste 0,4 — chiar dacă polimerul folosit pentru învelișul optic al fibrei prezintă, datorită structurii sale cristaline, o atenuare de circa $5 \cdot 10^5$ dB/km.

Învelișul optic aderent la miez se poate realiza dintr-o rășină siliconică cu transparență înaltă, ansamblul fiind protejat la exterior de o teacă confecționată dintr-un polimer fără proprietăți optice speciale, care îndeplinește doar un rol de protecție față de solicitările mecanice.

3. Tragerea fibrelor cu conținut înalt de bioxid de siliciu

După ce se obține preforma prin intermediul unuia dintre procedeele descrise, se trece la etapa următoare, la fel de importantă ca și prima, și anume tragerea fibrei. Aceasta va determina caracteristicile geometrice finale ale fibrei optice, cu influență directă asupra măririi parametrului tehnico-calitativ principal — atenuarea semnalului transmis.

În fig. 12.11 este prezentată schematic aparatura necesară procesului de tragere a fibrelor optice din sticlă cu conținut înalt de bioxid de siliciu: *1* — sistem de alimentare (de avans al preformei); *2* — sursă de căldură; *3* — pirometru; *4* — regulator de temperatură; *5* — echipament de măsură a diametrului fibrei; *6* — sistem de reglare a vitezei de tragere în funcție de diametrul fibrei; *7* — sistem de realizare a învelișului protector al fibrei; *8* — cuptor tubular pentru uscarea materialului învelișului protector al fibrei; *9* — tambur de tragere și înfășurare a fibrei.

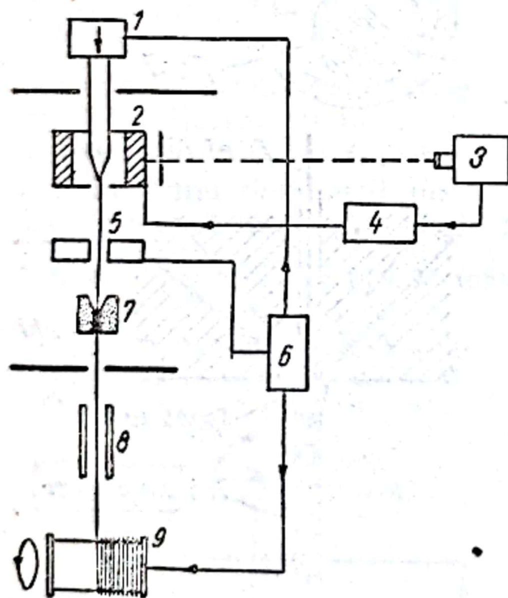


Fig. 12.11. Schema instalației de tragere a fibrelor optice din sticlă cu conținut înalt de bioxid de siliciu.

Deci, preforma este fixată într-un sistem de alimentare *1*, care asigură avansul acesteia în mod controlat în zona *2*, în care are loc încălzirea materialului la o temperatură de circa 2 000°C, la care este posibilă tragerea. Sursa de căldură poate fi un cuptor electric cu rezistență sau cu inducție, arzătoare cu amestec de oxigen și hidrogen sau un laser cu CO_2 — utilizarea fiecăreia dintre aceste surse prezentînd atît avantaje cît și dezavantaje. Menținerea temperaturii într-un domeniu de variație de maximum ±1° în jurul valorii de 2 000°C — condiție absolut necesară pentru obținerea unei variații acceptabile a parametrilor geometrici ai fibrei rezultate — se realizează cu ajutorul unui pirometru optic sau al unui termocuplu *3*, care comandă regulatorul sursei de căldură *4*. Așa cum s-a mai arătat, temperatura la care se încălzește materialul trebuie să asigure înmuierea silicei pînă cînd viscozitatea acesteia va permite tragerea în fibre. Tambu-

rul 9 asigură atît tragerea fibrei cu o viteză de 0,5 . . . 1,5 m/s cît și bobinarea acesteia. Diametrul fibrei rezultate se poate stabili cu ajutorul relației $V_p/V_f = S_f/S_p$
unde: V_p este viteza de avans a preformei; V_f — viteza de tragere a fibrei; S_p — aria secțiunii transversale a preformei; S_f — aria secțiunii transversale a fibrei optice.

Pe traiectul dintre zona de tragere și tambur, se controlează în mod continuu diametrul fibrei cu ajutorul sistemului optic 5 iar, dacă este cazul, se pot controla și abaterile de formă ale secțiunii transversale. Sistemul de reglare 6 primește informații asupra geometriei fibrei și modifică viteza de avans a preformei și viteza de tragere, astfel încît, pe parcursul întregului proces, diametrul fibrei să nu varieze cu mai mult de 0,1 %. Între preformă și fibră există o zonă în care materialul are forma tronconică, cu o variație continuă a diametrului și, ca urmare, în trecerea de la preformă la fibră, proporția dintre diametrul miezului și cel al învelișului optic se păstrează. Raportul dintre diametrul preformei și cel al fibrei optice rezultate poate ajunge pînă la 300 : 1 și chiar mai mult. Echipamentul de tragere a fibrei mai include și un sistem prin care se trece fibra optică înaintea bobinării, în vederea acoperirii cu un strat subțire de polimer. Sistemul respectiv are în compunerea sa un recipient care conține polimerul în stare lichidă și o sursă de căldură în vederea uscării stratului depus pe fibra optică. Acoperirea cu polimer a fibrei are rolul de a asigura protecția acesteia împotriva deteriorării suprafeței exterioare care ar influența în mod negativ caracteristicile optice.

Sistemul de încălzire. Fabricarea pe scară tot mai largă a fibrelor optice a impus perfecționarea surselor de căldură pentru temperaturi înalte (pînă la 2 000°C și peste) în vederea procesului de tragere. Cîteva dintre condițiile impuse acestor surse sînt legate de constanța temperaturii și „curățenia“ incintei, pentru a preveni impurificarea materialului în timpul tragerii. Așa cum s-a mai menționat, pentru încălzirea preformei se pot utiliza mai multe tipuri de surse de căldură: arzătoare cu oxigen și hidrogen, cuptor electric cu rezistență sau cu inducție, laser cu CO_2.

Arzătorul cu oxigen și hidrogen. Dintre toate tipurile de arzătoare, cele cu hidrogen și oxigen sînt cele mai economice și ușor de utilizat. Acestea prezintă însă dezavantajul unei variații mai mari a temperaturii, determinate de instabilitatea flăcării, ceea ce poate produce modificări nepermise ale diametrului exterior al fibrei optice. Ori, se știe că variațiile mari ale diametrului exterior al fibrei duc la creșterea atenuării semnalului optic, în special la joncțiunile între fibre. De asemenea, prin utilizarea arzătorului cu hidrogen și oxigen, poate apărea contaminarea nedorită a silicei cu gruparea hidroxil. Cu toate acestea, cu ajutorul unei astfel de surse de căldură s-a reușit obținerea de fibre optice cu atenuarea de 2 dB/km.

Cuptorul electric cu rezistență. Cuptorul electric cu rezistență oferă atît avantajul simplității în construcție și utilizare cît și posibilitatea unui control mult mai riguros al temperaturii, stabilitatea ei în timp precum și o uniformitate bună a zonei fierbinți. De asemenea, inerția termică relativ mică permite un feed-back rapid și deci corijarea într-un timp scurt a eventualelor variații de temperatură.

Rezistența electrică poate fi confecționată cu ușurință din grafit, material care, pe lîngă o durabilitate bună la solicitările induse de șocurile termice, conferă și avantajul obținerii oricărei geometrii pentru zona de încălzire.

Pentru a se prelungi viaţa rezistenţei, a cărei oxidare ar fi foarte rapidă la temperatura de lucru, în cuptor se introduce un gaz inert — de obicei argon.

Cuptorul electric cu inducţie. Cuptorul electric cu inducţie elimină o parte dintre dezavantajele încălzirii cu rezistenţă electrică. În mod uzual, inductorul, avînd forma cilindrică şi dimensiuni relativ mici, se realizează cu uşurinţă din grafit, material care oferă o viteză mare de reacţie la variaţiile puterii electrice de intrare şi, ca urmare, permite controlul automat al temperaturii. Rezultate bune s-au obţinut şi cu ajutorul unui cuptor cu inductor confecţionat din ZrO_2. Pe lîngă riscurile mult reduse de contaminare a sticlei, acest tip de inductor are şi o durabilitate mai mare. S-a constatat că la o grosime a peretelui inductorului de 3 ... 5 mm şi frecvenţa cuprinsă în domeniul 1 ... 10 MHz se obţine o temperatură de circa 2 000°C.

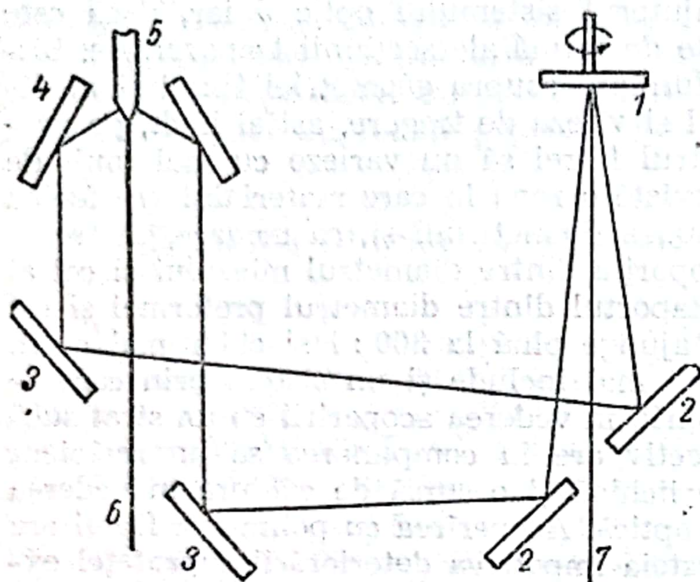


Fig. 12.12. Schema sistemului de încălzire cu laser CO_2:
1 — oglindă care execută o mişcare de rotaţie; *2, 3* — oglinzi plane; *4* — oglinzi conică de focalizare; *5* — preformă; *6* — fibră optică; *7* — rază laser.

Laserul cu bioxid de carbon. Dintre sursele de căldură menţionate, laserul oferă avantajul unei încălziri „curate", cu eliminarea completă a riscului de contaminare, dar presupune un sistem optic sofisticat de dirijare a razei de-a lungul axei preformei. Fig. 12.12 prezintă schematic un asemenea sistem optic în care oglinda *1*, montată excentric, se roteşte în jurul unei axe, raza reflectată generînd un con. Oglinzile *2, 3* şi *4* formează un ansamblu care, în final, focalizează pe preformă într-o zonă cu dimensiuni relativ mici.

Încălzirea preformei are loc cu viteză mai mică, deoarece raza laser este absorbită doar la suprafaţă, pe o adîncime de aproximativ 20 μm. Transferul de căldură prin conductivitate de la exterior către miezul preformei se face destul de lent, ceea ce impune viteze mai mici de tragere. Puterea laserului nu poate fi mărită peste anumite limite deoarece creşte, în consecinţă, şi vaporizarea materialului la suprafaţa preformei.

Sistemul de măsurare a diametrului fibrei optice. Aşa cum s-a mai menţionat, între calităţile optice şi mecanice ale fibrei şi caracteristicile ei geometrice există o corelaţie foarte strînsă, acestea din urmă fiind puternic afectate în cursul procesului de tragere de variaţia parametrilor de lucru. De fapt, dintre caracteristicile geometrice, o importanţă deosebită au diametrul miezului şi cel al învelişului optic precum şi starea suprafeţei fibrei. Variaţia valorilor celor două diametre are influenţe nedorite asupra propagării luminii în interiorul fibrei, în timp ce defectele suprafeţei exterioare duc la scăderea rezistenţei mecanice.

În ceea ce priveşte starea suprafeţei exterioare, se ştie că este influenţată direct de temperatură şi de viteza de tragere, iar constanţa

valorilor celor două diametre este determinată de uniformitatea preformei și a vitezei de tragere.

În orice caz, corectarea pe parcursul procesului de tragere a unor eventuale defecte ce pot apărea din diferite cauze, impune măsurarea permanentă a parametrilor geometrici, cu ajutorul unui sistem care să comande parametrii de lucru în funcție de valorile efectiv rezultate în urma măsurării. În mod uzual, corecțiile se aduc prin modificarea corespunzătoare a vitezei tamburului pe care se bobinează fibra, deci prin modificarea vitezei de tragere. Dacă, însă, diferența între diametrul dorit și cel efectiv crește peste anumite limite, se poate modifica viteza de avans a preformei în așa fel încît viteza de tragere să se mențină cît mai aproape de valoarea optimă.

Măsurarea în mod continuu a diametrului exterior al fibrei se poate realiza prin mai multe metode, dar se pare că cele mai convenabile sînt metodele optice, cu toate că aparatura necesară este mai sofistica. Metodele mecanice cu palpator se exclud, în primul rînd, întrucît nu au precizia cerută și, în al doilea rînd, pentru că se recomandă evitarea contactului între un corp dur și suprafața exterioară a fibrei, înainte ca aceasta să fie trasă în învelișul de protecție.

Sistemul de acoperire în vederea protecției fibrei optice. Din punctul de vedere al utilizatorului, este foarte importantă atît calitatea fibrei optice, în conformitate cu cerințele impuse de aplicația considerată, cît, mai ales, constanța în timp a valorilor parametrilor optici și mecanici ce caracterizează fibra. În acest scop, suprafața fibrei se protejează împotriva solicitărilor mecanice sau a unor agenți corozivi aflați în mediul de lucru. Substanța cu rol de protecție se aplică într-un strat subțire și poate fi din clasa rășinilor sintetice sau un material plastic. În ultimii ani, au fost puse la punct o gamă largă de materiale de protecție, cu scopul de a se răspunde în cît mai mare măsură următoarelor condiții:

— filmul depus trebuie să aibă grosime uniformă în secțiune transversală, deci să fie concentric cu fibra optică, pentru a preîntîmpina apariția, în momentul solidificării, a unor tensiuni interne care ar putea duce la curbarea fibrei;

— învelișul de protecție trebuie să aibă grosime uniformă pe întreaga lungime și să îmbrace complet fibra optică;

— materialul trebuie să fie neted, să aibă rezistență bună la abraziune și stabilitate chimică în timp, de asemenea trebuie să aibă aderență rapidă la fibră și timp scurt de solidificare;

— coeficientul de dilatare al substanței utilizate trebuie să fie cît mai apropiat de cel al sticlei, pentru a preîntîmpina tensionarea și ruperea fibrei la variația temperaturii mediului de lucru;

— în vederea operațiilor de conectare a fibrelor, materialul respectiv trebuie, de asemenea, să fie ușor dizolvabil cu ajutorul unui anumit solvent.

Alegerea metodei de aplicare a stratului de protecție depinde în foarte mare măsură de calitatea dorită pentru acesta și de materialul utilizat. Ceea ce este important însă, oricare ar fi metoda aleasă, este să nu se introducă tensiuni suplimentare în fibra optică. Pe plan mondial au fost experimentate mai multe metode de realizare a acoperirii de protecție, dintre care cel mai răspîndit procedeu constă în trecerea fibrei printr-un creuzet care conține, în stare lichidă, materialul de aport (fig. 12.13).

Acoperirea este corectă dacă se respectă pe parcursul întregului proces o anumită relație între viteza de deplasare a fibrei și vîscozitatea soluției. Grosimea filmului de protecție rezultat depinde de diametrul fibrei optice, de diametrul duzei și de concentrația polimerului sau a rășinei utilizate în soluția din creuzet. Este de preferat ca temperatura de lucru, vîscozitatea și nivelul lichidului în creuzet să fie menținute constante pe parcursul procesului. Duza flexibilă este confecționată din cauciuc siliconic rezistent la soluțiile utilizate în mod obișnuit în procesul de acoperire. Avantajul acesteia constă în faptul că, permițînd autocentrarea fibrei optice ca urmare a forțelor hidrodinamice generate de curgerea convergentă a rășinii, asigură depunerea unui strat protector cu grosime uniformă.

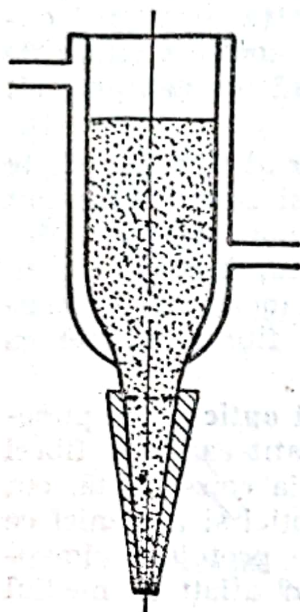


Fig. 12.13. Creuzet cu duză flexibilă pentru acoperirea de protecție a fibrei optice.

Uscarea învelișului de protecție al fibrei optice. Operația finală a procesului de acoperire de protecție a fibrei este uscarea rășinii imediat după aplicare. În general, această operație se realizează într-un cuptor cilindric în care se menține, în atmosfera controlată, o anumită temperatură care să permită evaporarea solventului din rășină sau polimerizarea materialului plastic în timpul scurt cît fibra trece prin cuptor. Temperatura de lucru nu trebuie să depășească valoarea de la care are loc fierberea solventului, pentru a se preîntîmpina apariția bulelor de vapori incluse în stratul de protecție. În cazul în care fibra optică urmează să fie împletită pentru obținerea de cablu optic, stratul de protecție depus în această etapă nu este suficient, fiind necesară încă o protecție ulterioară.

BIBLIOGRAFIE

Technical staff of CSELT. *Optical Fibre Communication.* Mc Graw-Hill Book Company, 1981.

SCHULTZ P. C. *Optical Fibre Fabrication.* The Galss Industry Feb., 1982.

KOCL G. J. *Technical and Economic Aspects of the Different Fibre Fabrication Processes.* Annales Telecommunications, 38, Nr. 1—2, 1983.

LYDTIN H. *PCVD: A Technique Suitable for Large — Scale Fabrication of Optical Fibres.* Journal of Lightwave Technology, VI. LT — 4, Nr. 8, 1986.

VANDEWOESTINE R. V. ș.a. *Developments in Optical Waveguide Fabrication by the Outside Vapor Deposition Process.* Journal of Lightwave Technology, Vol. LT — 4, Nr. 8, 1986.

TEOREANU I. și colab. *Ansamblul de lucrări în tehnologia silicaților și compușilor oxidici.*

BALTĂ P. și colab. *Ansamblul de lucrări în tehnologia sticlelor, inclusiv în obținerea sticlei optice, a fibrelor de sticlă și fibrelor optice.*

DRIMER D. și colab. *Tehnologii și materiale neconvenționale — Fibre optice.* București, Ed. I.P.B., 1987.

13

Raționalizarea și modernizarea montajului

Dr. ing. *Topal Dragomir*
I.C.T.C.H. București

Montajul este cel de-al doilea domeniu economic al industriei constructoare de mașini care, alături de domeniul prelucrărilor, determină rentabilitatea și competitivitatea produselor realizate în acest domeniu.

În timp ce în domeniul prelucrărilor automatizarea a ajuns la un nivel tehnic foarte ridicat, în domeniul montajului, automatizarea se află cu mult în urmă și aceasta datorită faptului că 70 ... 85% din muncitorii angajați în domeniul montajului își desfășoară încă activitatea manual [4], iar asamblarea manuală poate reprezenta 30 ... 50% [11] (ajungînd pînă la 80% după [20]) din totalul costurilor de producție.

Modernizarea montajului din industria constructoare de mașini se impune cu pregnanță datorită următoarelor considerente:

— ciclul de producție scade permanent, datorită procesului rapid de învechire a produselor;

— costurile de asamblare sînt ridicate, datorită numărului mare de muncitori din secțiile de montaj;

— schimbarea frecventă de modele, adaptarea la cerințele pieții externe, solicită o adaptare rapidă și flexibilă a montajului;

— dorința îndreptățită a întreprinderilor de a evita munca deosebit de împovărătoare și nocivă sănătății muncitorilor;

— ridicarea productivității în vederea asigurării competitivității și rentabilității întreprinderilor.

Dintre toți factorii enumerați creșterea productivității muncii și asigurarea competitivității sînt apreciate ca cele mai importante obiective. Măsurile principale privind raționalizarea montajului, în vederea modernizării acestuia și asigurarea creșterii productivității muncii în acest domeniu, sînt prezentate în fig. 13.1.

Acesta cuprinde domeniile producției și logistica necesară avînd ca factori importanți: instalațiile de montaj, personalul din domeniul montajului, materialele necesare montajului, sistemul informațional și produsul de asamblat.

Din acești factori enumerați se pot deduce diferite măsuri de raționalizare și implicit modernizarea montajului.

Așa cum rezultă din fig. 13.1 automatizarea nu este singura soluție în vederea modernizării montajului.

Principalele căi pentru modernizarea montajului sînt: automatizarea montajului, structurarea și proiectarea produsului în conformitate cu ce-

rințele automatizării montajului; introducerea de noi tehnologii de fabricație și de asamblare; structurarea și modernizarea montajului.

În continuare se va analiza fiecare modalitate de raționalizare și modernizare a montajului în vederea creșterii productivității și rentabilității acestui domeniu și asigurarea competitivității produselor noastre pe piețele externe.

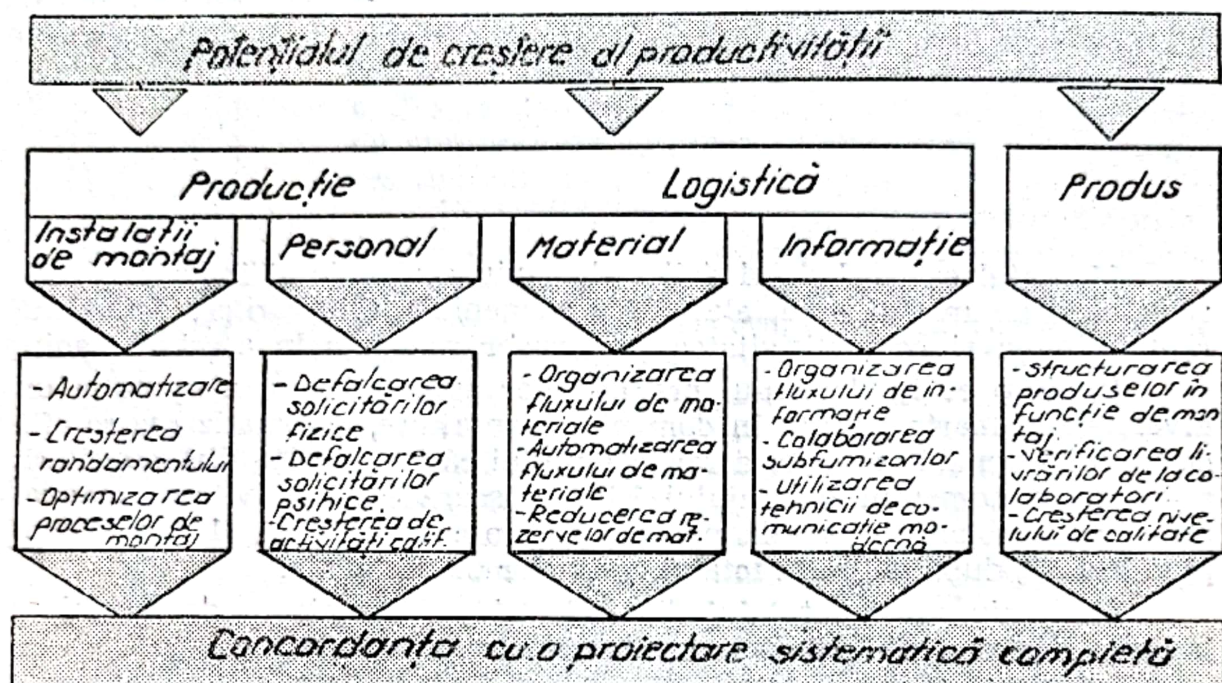


Fig. 13.1. Măsuri de raționalizare.

1. Automatizarea (respectiv mecanizarea) montajului

Dintre toți factorii prezentați, automatizarea (respectiv mecanizarea) montajului, este cel mai important, cu impactul cel mai mare și direct în modernizarea acestui domeniu.

Automatizarea se poate realiza prin: aplicarea sistemelor rigide de automatizare, la care mașinile și liniile de montaj sînt concepute să efectueze operații strict specializate pentru un singur produs; — aplicarea sistemelor modulare programabile de montaj care pot efectua asamblarea unei game variate de produse din cadrul aceleiași familii, prin efectuarea de schimbări minime de dispozitive sau utilaje tehnologice în cadrul sistemului modular existent; — aplicarea sistemelor flexibile de montaj.

Principalele criterii care stau la baza aplicării unui sistem sau altul sînt: volumul de fabricație și complexitatea produsului, iar în ceea ce privește aplicarea lor optimă se redă după [4] delimitarea sistemelor respective: pentru un număr anual mai mare de 50 000 buc/an se recomandă folosirea sistemelor de montaj programabile; la o producție de serie cuprinsă între 500 000 buc/an la 1 000 000 buc/an sînt folosite sistemele de montaj modulare; începînd cu un volum anual de la 1 000 000 buc/an în sus sînt folosite sistemele automate specializate.

Volumul de producţie mai mic de 50 000 buc/an constituie fabricaţia de serie mică şi foarte mică care are o tratare specială [25].

Rezultă că domeniul de utilizare a automatizării flexibile de montaj este optim de aplicat pentru un volum de producţie anual cuprins între 50 000 buc/an la 1 000 000 buc/an.

Pentru elucidarea acestei concluzii în fig. 13.2 s-a prezentat distribuţia frecvenţei numărului de piese/an pentru produsele de mare circula-

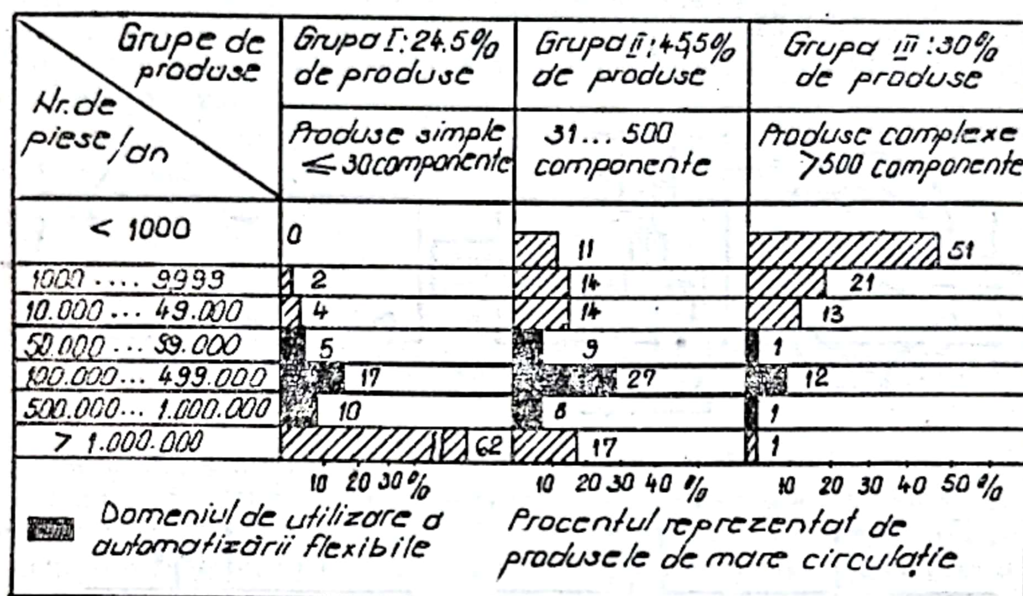


Fig. 13.2. Distribuţia frecvenţei numărului de piese/an pentru produsele de mare circulaţie.

ţie după [4]. Din analiza acesteia rezultă că 32% din produsele de mare circulaţie intră în domeniul de utilizare a sistemelor de montaj flexibile, iar 80% din acestea sînt adecvate pentru aplicarea sistemului de montaj automat programabil.

Căile către care se îndreaptă principalele ţări dezvoltate privind dezvoltarea sistemelor de montaj sînt: aplicarea sistemelor modulare programabile de montaj şi aplicarea sistemelor flexibile de montaj (SFM).

Întrucît sistemele modulare au fost tratate pe larg în [21] în cele ce urmează se fac referiri la cîteva consideraţii practice privitoare la sistemele flexibile de montaj tratate atît de larg în literatura de specialitate.

În sistemele flexibile de montaj (SFM), roboţii industriali şi, în general, echipamentul întreg de manipulare a pieselor sînt elementele componente principale programabile în jurul cărora sînt construite sistemele flexibile de montaj.

Principalele probleme ce trebuie rezolvate în cazul automatizării montajului cu ajutorul roboţilor sînt: orientarea şi aranjarea pieselor într-o anumită ordine; dispozitive de apucare scule adecvate; senzori de forţă şi sisteme de control a forţelor între piesele asamblate; introducerea ştifturilor în alezajele cu toleranţă redusă; stabilirea unei strategii de implementare.

Conceptual pot fi stabilite unele modalităţi de montare automatizată.

a. Robotul efectuează montajul în cadrul celulei flexibile de montaj şi operaţiile principale sînt: alimentarea pieselor de asamblat; orientarea

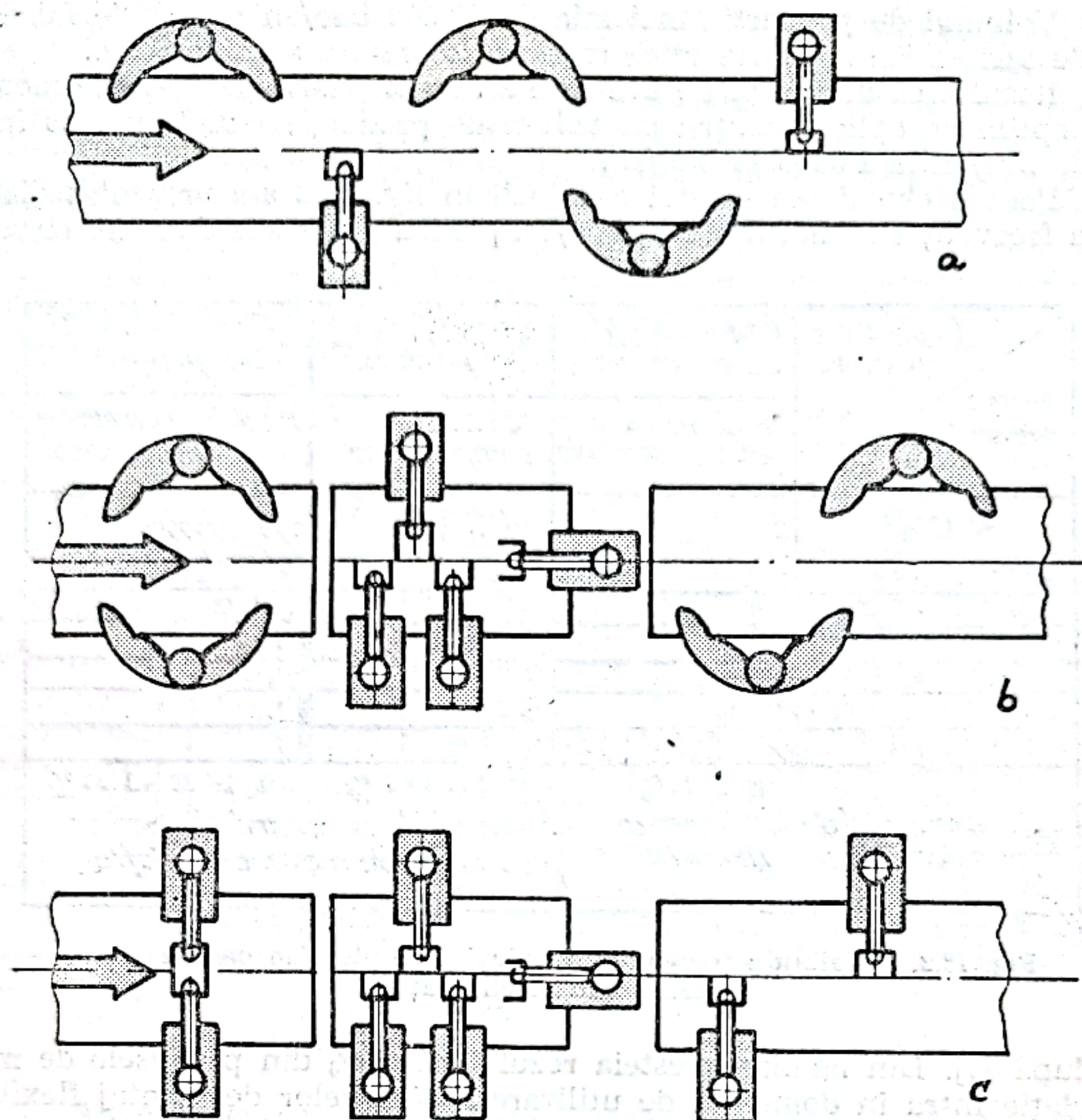


Fig. 13.3. Utilizarea roboților în cadrul unei linii de montaj: *a* — roboți intercalați între posturi manuale; *b* — celulă flexibilă intercalată într-o linie de montaj; *c* — linie automatizată deservită de roboți.

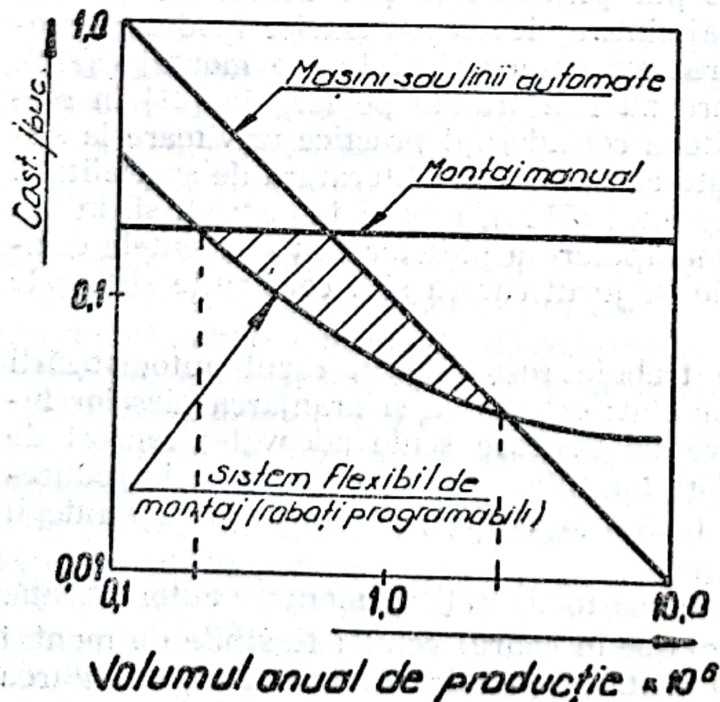


Fig. 13.4. Domeniul folosirii eficiente a sistemelor flexibile de montaj.

pieselor; efectuarea operației de asamblare; transferul subansamblului sau produsului finit realizat.

b. Robotul asigură sortarea și orientarea pieselor pe transportorul interoperațional.

c. Robotul înlocuiește operațiile manuale într-o linie de asamblare cu mai multe posturi, în care munca manuală rămîne prezentă.

Ca modalități, roboții pot fi inserați între lucrători (fig. 13.3, *a*), pot fi realizate celule flexibile care să colaboreze cu lucrătorii (fig. 13.3, *b*) și pot fi realizate linii întregi automatizate (fig. 13.3, *c*). Aceste soluționări satisfac și cerințele întreprinderilor privind posibilitatea implementării gradate a roboților.

Întrucît montajul flexibil preconizat trebuie să fie și eficient, în fig. 13.4 este redat domeniul de utilizare eficientă a sistemului flexibil de montaj [8].

2. Structurarea și proiectarea produsului în conformitate cu cerințele automatizării montajului

Se apreciază că 40 ... 60% din manopera de realizare a unui produs se consumă, în general, la montaj [16]. Rezultă că dacă produsul este conceput pentru o asamblare ușoară, mecanizată sau automatizată, procentul manoperei de montaj coboară la valori mici, în timp ce un produs gîndit și proiectat numai pentru atingerea unor parametri funcționali, fără să se țină cont de cerințele imperioase ale ușurării asamblării, ridică acest procentaj la valori foarte ridicate.

Conceperea unui produs care să asigure minimum de investiție în domeniul montajului și să ofere mecanizarea și automatizarea operațiilor de asamblare impune: proiectul produsului să fie conceput pentru ușurarea asamblării: direcția de asamblare să fie de sus în jos, construcția să fie modulară etc; variantele constructive să poată fi realizate cu aceleași dispozitive tehnologice; toate părțile componente să fie adecvate asamblării privind manipularea și calitatea.

Așadar în faza de proiectare se determină structurarea produsului, componentele acestuia, forma constructivă a lor, modul în care aceste componente formează ansamblul. Structurarea produsului încă în faza de concepție și proiectare determină modul de asamblare și fluxul tehnologic al asamblării. Astfel, dacă proiectantul stabilește o altă structurare a produsului, fluxul tehnologic de asamblare bineînțeles va fi altul.

Trebuie precizat că montajul poate fi raționalizat și modernizat cel mai mult prin proiectarea corespunzătoare a produsului astfel că asamblarea să devină simplificată sau chiar inutilă.

Un produs nu poate fi privit izolat cînd se discută problemele de asamblare. Un produs este divizat normal într-o serie de variante; anumite subansamble dintr-un produs pot să apară în alte produse și anumite componente pot fi aplicate în variate subsisteme sau pot fi produse din motive de similarități tehnologice de grup cu alte componente.

Raționalizarea asamblării poate fi aplicată în trei moduri: realizarea unui produs — sortiment cerut de necesitățile pieții; produsul să fie conceput pentru ușurarea montajului (structurat, construcție adecvată etc.);

componentele să fie concepute și realizate în conformitate cu cerințele unui montaj automatizat. Se analizează trei moduri.

a. În cazul produs—sortiment, principalele căi pentru optimizarea asamblării pot fi exprimate în termenii următori: constant este necesară ridicarea calității produsului; productivitatea trebuie să crească; utilizarea cît mai ridicată a utilajelor și liniilor de montaj; asigurarea condițiilor ergonomice de desfășurare a operațiilor de montaj manuale.

Din analiza acestor căi se pot determina factorii care contribuie la realizarea lor. De exemplu utilizarea ridicată a utilajelor și liniilor de montaj este determinată de volumul de producție; în acest caz principiul de bază care trebuie să stea la conceperea unui produs este: variantele de produs care se impun să poată fi asamblate pe aceleași mașini sau linii.

De asemenea trebuie arătat că productivitatea este influențată de numărul și durata întreruperilor în schimbarea și utilizarea echipamentelor tehnologice; aceasta înseamnă că trebuie să fie proiectat un sistem de montaj capabil să permită variații în componentele produsului sau trebuie asigurate componente cu puține variații.

Din cele arătate rezultă că proiectantul este obligat să decidă asupra concepției produsului proiectat pentru a obține efectul maxim al raționalizării.

Principiile de bază în proiectarea produselor pentru realizarea unei asamblări ușoare sînt: asamblarea mecanică cere controlul calității; asamblarea automată cere calitate ridicată; proiectare pentru asamblarea mecanică; proiectare pentru asamblarea automatizată; proiectare pentru asamblarea automată flexibilă; anularea asamblării (dacă este posibil); proiectare pentru echipamentul standard; proiectare pentru echipamentul special; evitarea variantelor; siguranță că variantele de produs pot fi asamblate în același mod; automatizarea poate determina îmbunătățirea condițiilor de lucru; evitarea metodelor de asamblare periculoase.

b. Structurarea fundamentală a produsului determină componentele acestuia; o structurare detaliată este aleasă în funcție de cerințele impuse. Proiectantul lucrează pe două nivele: un nivel fundamental de structurare unde soluțiile sînt logic îmbinate și un nivel de structurare cantitativă unde el ia decizii privind durata produsului, toleranțele, poziționarea în spațiu, divizarea în părți componente ale produsului etc.

Rezultă că funcția fiecărei componente poate fi definită și proiectul cu toate detaliile sale poate fi realizat.

Este bine de menționat că în activitatea oricărui proiectant trebuie respectate două principii: simplitatea și claritatea ca metodă de abordare a oricărui proiect pentru obținerea soluționărilor optime și anume produsul să fie alcătuit din „cîteva părți", „cîteva subansamble", iar asamblarea să fie simplă.

Cîteva principii generale de structurare și realizare a unui produs adecvat unui montaj simplu sînt redate în fig. 13.5.

c. Structurarea unui produs determină proiectul de bază cu componentele sale și principiile de asamblare. Aceasta înseamnă că alegerea unei structurări a produsului impune deja soluționările de asamblare a produsului respectiv.

Prin elaborarea desenului detaliat al unui reper component, se precizează următorii factori de bază: forma constructivă, materialul, dimensiunile, calitatea suprafețelor și toleranțele.

Calitatea asamblării va depinde de unul sau mai mulți factori, cel mai important fiind forma, deoarece anumite suprafețe ale reperului component sînt folosite în procesul de asamblare.

Suprafețele care limitează reperul component au o varietate de sarcini. Funcția reperului component este determinată de suprafețele funcționale și anume: suprafețele de îmbinare, care asigură asamblarea cu alte repere (componente).

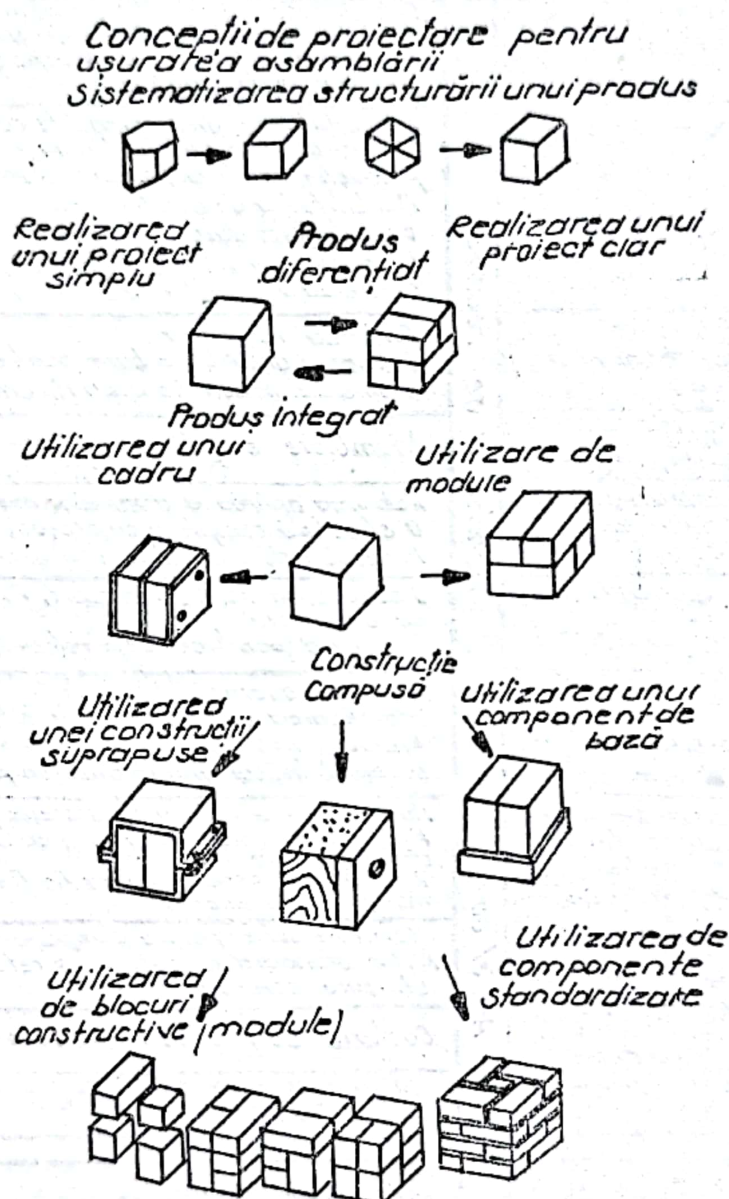


Fig. 13.5. Principii de structurare în proiectarea produselor pentru ușurarea asamblării.

Suprafețele de asamblare sînt suprafețele folosite în sistemele de asamblare pentru orientări, transfer, poziționare și ghidare. Proiectîndu-se componentele pentru asamblare se impune realizarea de suprafețe funcționale care să asigure condițiile cele mai bune pentru operațiile de asamblare.

Principiile generale pentru proiectarea componentelor în vederea asamblării automatizate sînt: evitarea operațiilor de asamblare: (compo-

Probleme generale	Proiectare simplă		_Aşa ca să se spună despre o soluţie optimă: cîteva componente, cîteva subansamble simple, montaj simplu.
	Proiectare clară		_Procesele de producţie şi asamblare să poată fi cu claritate executate _Produsul nu va fi nedeterminat _Eventualele reglaje nu vor influenţa unul împotriva altuia
Alegerea corectă a principiilor de structurare	Integrare	Pentru a se realiza	_Cîteva componente şi subansamble _Piese de manipulat, mai mari şi mai uşoare _Folosirea la maximum a capacităţii procesului de producţie
	Diferenţiere		Adaptabilitate diferenţiată la cerinţele funcţionale Adaptabilitate procesului la aparatura de producţie al firmei (maşini standardizate) Posibilitatea de a îmbina piesele cumpărate cu cele standardizate Produse mai puţine şi mai uşoare Creşterea volumului producţiei anuale
	Folosirea unui cadru total		Evitarea reglajelor Obţinerea unei baze bune pentru operaţiile de asamblare inclusiv transportul, controlul, încercări etc
	Proiectarea unui produs sandwich		Asamblare simplă
	Utilizarea unei construcţii compuse		Folosirea optimă a diverselor materiale O structură complexă cu procedee de bază Procedeu de asamblare clar determinat
	Componente de bază bine proiectate		O bază bună pentru transport, fixare şi procedee de asamblare Evitarea dispozitivelor de prindere folosite la montaj
	Produs alcătuit din blocuri constructive modulare		Aplicarea asamblării paralelă Planificarea asamblării flexibile Avantaje în aceea că se poate verifica sau eventual înlocui unităţi dintr-un produs
	Produs alcătuit ca un sistem de construcţie tip cutie (modular)	Astfel ca:	Mărimea seriei pentru subsisteme poate fi sporită Producţia paralelă, asamblarea şi verificarea devin posibile Asamblarea produsului să fie făcută mai simplu, mai puţin complicată
	Produs alcătuit prin utilizarea corectă a standardelor		Mărimea seriei pentru componente să fie sporită. Părţile standard cumpărate şi refolosite să fie utilizate corespunzător
	Evitarea impunerii de toleranţe pieselor componente		Costurile de producţie să se reducă
	Evitarea impunerii de condiţii de suprafaţă pieselor componente		Costurile de producţie să se reducă Să se evite vulnerabilitatea la manipulările din cadrul montajului
Alegerea corectă a metodei de asamblare	Evitarea asamblării	şi deci	Reducerea totală a cheltuielilor
	Evitarea elementelor componente separate de asamblare		Evitarea manipulării componentelor
	Folosirea metodelor de producţie integrate		Unde dispozitivele sau modul de producţie permit înlocuirea de componente sau permite asamblarea în sistemul existent

Fig. 13.6. Structurarea produsului la proiectare în vederea uşurării asamblării.

nente integrate; utilizarea metodelor de producţie integrate); evitarea operaţiilor de orientare: (utilizarea magazinelor cu piese; folosirea componentelor unite în bandă); uşurarea operaţiilor de orientare: (evitarea fixării; determinarea suprafeţelor speciale ale componentelor pentru orientare; evitarea componentelor de slabă calitate; realizarea de componente simetrice; sau realizarea clară a asimetriei acestora); uşurarea transportului: proiectarea componentelor pentru uşurarea transportului; proiectarea unei componente de bază); alegerea soluţiei optime pentru asamblarea componentelor: (evitarea asamblării; evitarea elementelor de asamblare separată; utilizarea metodelor de producţie integrată).

În baza celor arătate în fig. 13.6 sînt prezentate centralizat fazele de proiectare, în structurarea unui produs, în vederea uşurării asamblării.

3. Introducerea de noi tehnologii de fabricaţie şi asamblare

O altă cale, pentru reducerea timpului (respectiv manoperei) de asamblare, o constituie introducerea noilor tehnologii de asamblare care să simplifice operaţiile de montaj şi să permită automatizarea lor.

Metoda de îmbinare cea mai folosită astăzi „înşurubarea" implică cheltuieli de asamblare relativ mari, iar automatizarea sa este posibilă, însă cu soluţionări tehnice complicate.

De aceea se fac eforturi tot mai mari pentru a se realiza noi tehnologii care să elimine pe cît posibil îmbinările prin şuruburi.

În acest sens în fig. 13.7 sînt prezentate cîteva tehnologii reprezentative de asamblare, în care se realizează acest deziderat şi se uşurează automatizarea montajului.

Principial tehnologiile prezentate se caracterizează prin:

a. Realizarea de piese complexe, din material plastic, uşor de fabricat cu procedeele actuale, care reduc numărul pieselor componente şi astfel se elimină unele operaţii de asamblare. În acest sens în fig. 7 la punctul 1 sînt prezentate cîteva: materiale compozite, materiale plastice, materiale plastice metalizate, compozite sandwich cu exemplificări privind domeniul lor de aplicare.

b. Realizarea de îmbinări prin lipire. Datorită progresului tehnic mare pot fi lipite diverse materiale care elimină piesele de legătură cum sînt niturile şi şuruburile. Se precizează că prin utilizarea acestui procedeu asamblarea este mult simplificată şi poate fi automatizată. Prin exemplificările prezentate se arată domeniul de aplicare a noii tehnologii: industria automobilului şi industria electrotehnică. De reţinut că acest procedeu impune controlul permanent al calităţii asamblării.

c. Realizarea de îmbinări elastice. În acest procedeu se folosesc ca elemente de asamblare piese elastice, care permit o montare uşoară şi sigură, printr-o mişcare simplă rectilinie. Şi în acest caz sistemul elimină piesele de legătură, asamblarea devine simplă şi permite automatizarea. O formă corespunzătoare a elementelor de legătură poate asigura şi demontarea pieselor. Noul procedeu îşi găseşte din plin aplicabilitatea în industria electrotehnică şi de uz casnic.

Trebuie remarcat faptul că noile tehnologii, cu implicaţii directe asupra simplificării şi uşurării automatizării montajului, sînt într-o dezvoltare explozivă şi numai un sistem informaţional bine pus la punct şi

	Tehnologii noi	Principiul de elaborare	Efecte	Exemple
1. 1.1	Materiale compozite Aliaje - Noryl Plus SPN (5 sortori) - Noryl Plus RFN (2 sortori) - Noryl Plus UVN (1 sort)	Piesele mecanice sînt turnate prin injecție	Prin realizarea ansamblului monobloc se elimină asamblarea elementelor componente	Aliajele Noryl (PPO/P) produse de firma General Electric pentru producerea de tablouri de bord unibloc pentru autoturisme - Amestecuri PP (elastomeri) se utilizează la autovehicule de mare tonaj și autoturisme pentru repere exterioare
1.2	Materiale plastice armate. Exemple: - Kevlar - Fiberloc - Azdel	Prelucrare prin extrudare și injecție	Prin realizarea ansamblului monobloc se elimină asamblarea elementelor componente	Firma Polymer Composites produce repere pentru mașini din Kevlar. - Fiberloc produs de firma B.F. Goodrich este utilizat pentru carcase, dispozitive, filtre de combustibil, filtre de apă
1.3	Materiale plastice metalizate	Electrodepunere de metale pe materiale plastice	Prin realizarea ansamblului monobloc se elimină asamblarea elementelor componente	Sînt folosite la autovehicole pentru: grile de radiator, suporți și rame de fixare a luminilor de poziție și a farurilor, borduri inferioare și exterioare
1.4	Compozite sandwich	Se introduc doi sau mai mulți polimeri în stare lichidă sub formă de structuri fluide într-o matriță din care se obține structura sandwich direct	Prin realizarea ansamblului monobloc se elimină asamblarea elementelor componente	În industria auto se utilizează structuri pe bază de poliester între două straturi de poliesteri armați. Astfel firma General Motors, utilizează SMC-uri armate pentru construirea ușilor de autocamion
2	Îmbinări prin lipire	Lipirea pieselor. Datorită progresului mare pot fi lipite diverse materiale	Eliminarea multor piese de legătură (nituri, șuruburi) Montajul este mult simplificat și poate fi automatizat. Procedeul impune totuși controlul permanent al calității. Parțial este necesar timp de durificare	- Lipirea parbrizelor auto - Fixarea unor părți de caroserie (amortizorul) - Aplicarea de capace la motoare auto - Lipirea îmbinării arbore-butuc
3	Îmbinări elastice	Piesele sînt elastice astfel încît să se îmbine printr-o mișcare simplă rectilinie	Eliminarea pieselor de legătură, montajul este simplu și permite automatizarea. Forma corespunzătoare asigură și demontarea	- Numeroase aplicabilități în industria electrică și articolelor de uz casnic

Fig. 13.7. Noi tehnologii de asamblare pentru automatizarea montajului.

o selectare bună a soluţiilor cu aplicare corespunzătoare în producţie poate asigura menţinerea industriei noastre constructoare de maşini la nivelul tehnicii mondiale.

4. Structurarea şi modernizarea montajului

Pentru structurarea (sau restructurarea) montajului este necesar să se ţină seamă de toate componentele care definesc montajul. În acest sens în fig. 13.8 sînt prezentaţi factorii de influenţă asupra structurării montajului, care pot fi grupaţi în componente fixe şi variabile.

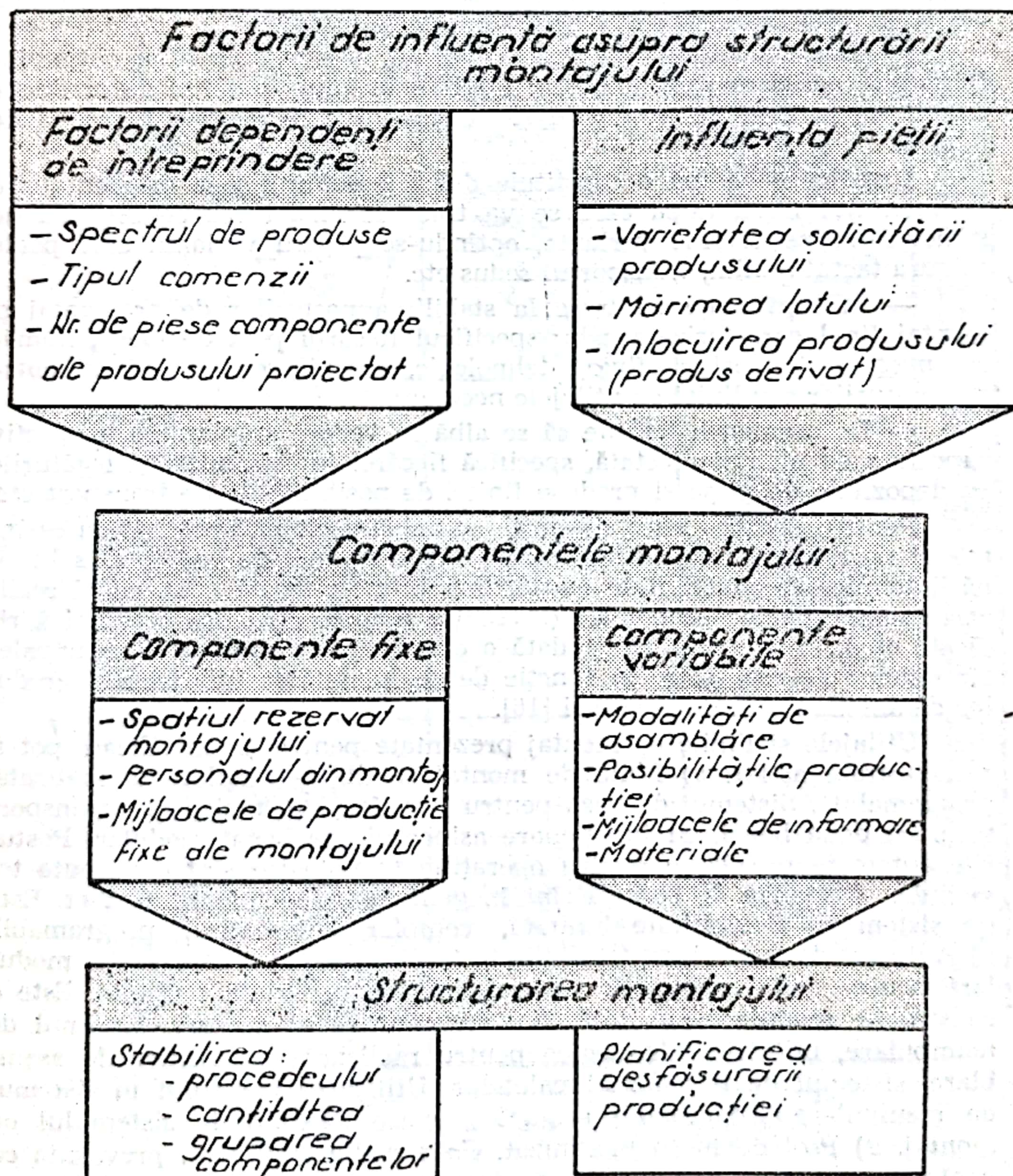


Fig. 13.8. Factorii de influenţă asupra structurării montajului.

Factorii dependenţi de întreprindere ca: spectrul de produse, felul comenzii, numărul de piese componente ale produsului proiectat sînt stabili în principal prin scopurile globale care se urmăresc. Aceşti factori sînt determinanţi în structurarea montajului şi ei se modifică în decursul timpului la intervale mari.

Variaţiile în solicitările produselor, mărimea lotului, schimbarea produsului, datorată cerinţelor pieţii impun modificări, la intervale scurte, ale structurării montajului, care vor trebui adaptate continuu la aceste cerinţe, fără modificări esenţiale la structura de bază.

Structurarea montajului în vederea modernizării acestuia trebuie să se desfăşoare sistematic, avînd la bază o metodologie de proiectare bine pusă la punct [24]. Principalele etape ale acestei metodologii sînt următoarele:

— Cum este şi normal, pentru început, este necesar să se obţină informaţiile necesare referitoare la: felul produsului, volumul de producţie anual, capacitatea de producţie şi personalul care deserveşte secţia de montaj.

Următoarea etapă o constituie delimitarea precisă a premontajului de montajul final, după care se va trece la elaborarea conceptului de structurare, pe diverse variante, optîndu-se pentru varianta care poate asigura tactul minim, transportul redus etc.

— În continuare se trece la stabilirea posturilor de premontaj şi montaj final caracterizate prin: specificul fiecărui post de lucru, numărul necesar de posturi, fluxul tehnologic, organizarea montajului dotarea posturilor sau liniei cu utilajele necesare.

— De asemenea trebuie să se aibă în vedere amplasarea, respectiv suprafaţa de montaj afectată, specifică fiecărei întreprinderi şi legăturile cu depozitele de piese şi produse finite, de posibilităţile de transport etc.

Pentru alegerea unui sistem de asamblare cît mai potrivit cu cerinţele şi necesităţile unei întreprinderi, atît din punct de vedere al soluţionării tehnice (productivitate mare, flexibilitate ridicată etc.), cît şi realizarea imperativelor economice (investiţie redusă, eficienţă economică ridicată etc.), în fig. 13.9 este redată o clasificare orientativă a principalelor sisteme de asamblare în funcţie de complexitatea utilajelor şi gradul lor de automatizare după [15] şi [16].

Utilajele şi liniile de montaj prezentate pentru exemplificare pot fi caracterizate astfel: a) Linie de montaj flexibilă complet automatizată, programabilă. Sistemul de bază pentru transferul paletelor este transportorul cu două benzi, cu funcţionare asincronă, proiectat modular. Posturile automate prevăzute pentru operaţiile tehnologice sînt concepute tot modular. Posturile de control sînt în general independente de tact. Este un sistem cu flexibilitate limitată, complet automatizat, programabil. b) Automat de montaj, cu flexibilitate limitată avînd o construcţie modulară pentru toate elementele lui componente. c) Celulă flexibilă. Este o construcţie modulară alcătuită din: sistemul de alimentare, sistemul de manipulare, utilajele tehnologice pentru realizarea operaţiilor de asamblare, sistemul de transfer al paletelor. Utilizarea robotului în sistemul de manipulare programabil asigură o mare flexibilitate sistemului de montaj. d) Post de lucru mecanizat. Construcţie modulară, prevăzută cu conteinere, maşină pneumatică de înşurubat şi dispozitiv de ridicare a conteinerelor. e) Echipament de asamblare semiautomat cu operaţii ma-

nuale și mecanizate. Este o construcție modulară alcătuită din: sistemul de alimentare, orientare și manipulare, iar pentru transferul interoperațional se folosește o masă rotativă indexată.

f) Linie de montaj flexibilă parțial automatizată, cu posturi manuale scoase în afara liniei principale (sistemul Layout) și posturi automate de montaj. Este alcătuită dintr-un transportor modular cu două benzi,

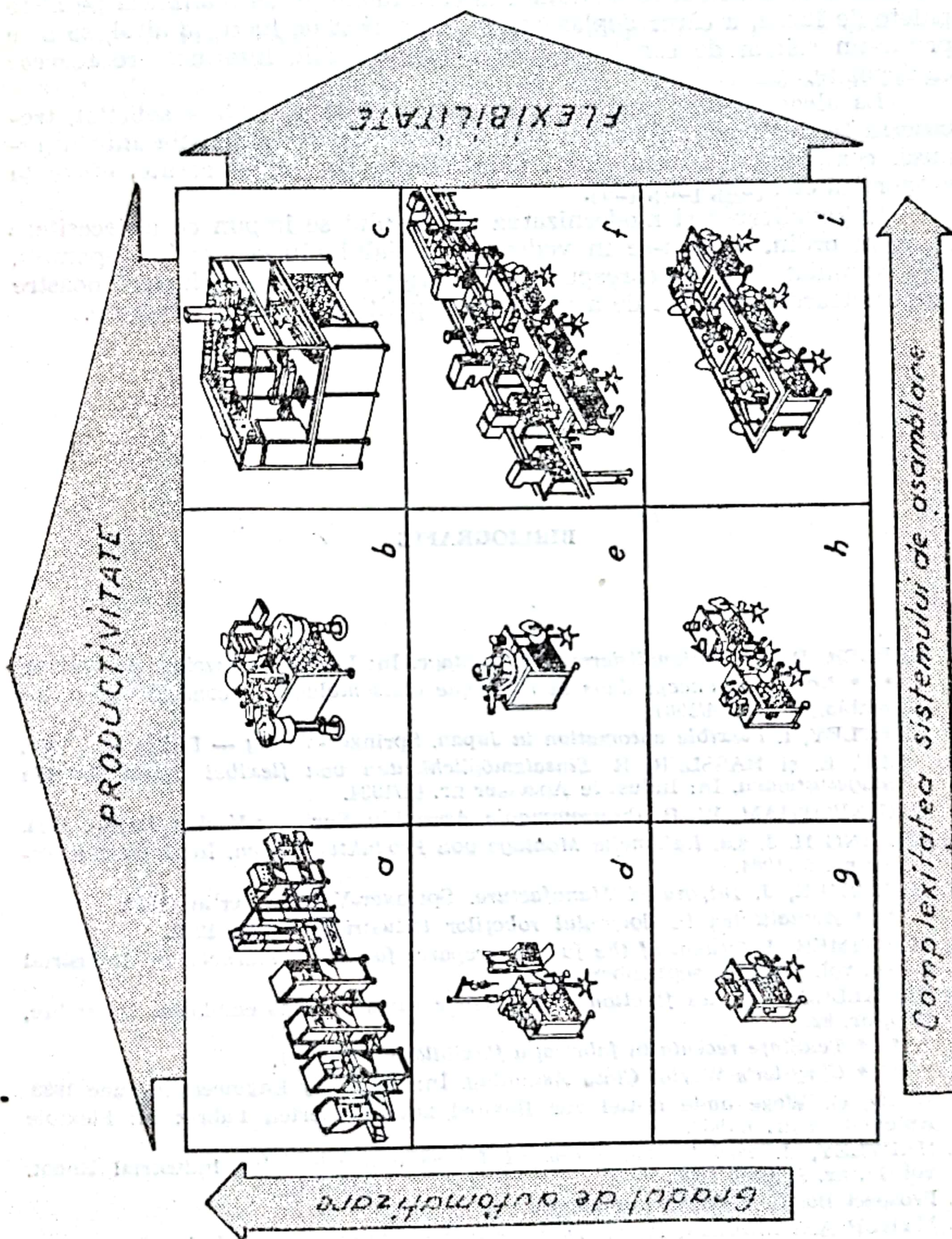


Fig. 13.9. Clasificarea sistemelor de asamblare într-un sistem cartezian, plan, în funcție de complexitatea și gradul de automatizare.

posturi automate și posturi manuale de lucru. Sistemul este asincron, iar distribuția paletelor se face printr-un sistem codificat. g) Post de asamblare manual. Constituit din module ca: masa de lucru, scaune, conteinere, suporți conteinere. h) Posturi manuale dispuse în linie. Sistemul este alcătuit din două posturi individuale legate între ele printr-un sistem pick-up cu ajutorul căruia se asigură transferul interoperațional. i) Linie de montaj manuală. Construcție modulară la care montajul se realizează pe niște palete de lucru, a căror deplasare, de la un post de lucru la altul, se face printr-un sistem de canale de transfer. Porțiunile intermediare servesc ca depozite.

La alegerea unei soluții pentru sistemul de asamblare solicitat, trebuie să fie luați în considerare o serie de factori ca: producția anuală impusă, complexitatea produsului, flexibilitatea producției cerute, eficiența economică etc. [22], [23], [24].

Raționalizarea și modernizarea montajului se impun ca o necesitate de prim ordin, avîndu-se în vedere potențialul său economic disponibil, care, stimulat și folosit corespunzător, oferă posibilitatea industriei noastre constructoare de mașini de a rămîne competitivă pe piețele externe.

BIBLIOGRAFIE

1. BÄBLER, R. ș.a. *Rationalisieren der Montage*. În: Industrie Anzeiger nr. 71/1984.
2. * * * *Nouveau concept dans la robotique d'assemblage: le concept Cybro*. În: Assemblages nr. 104/1987.
3. HARTLEY, I. *Flexible automation in Japan*. Springer-Verlag — Berlin etc., 1984.
4. WOLF, E. și BASSLER, R. *Einsatzmöglichkeiten von flexibel automatisierten Montagesystemen*. În: Industrie Anzeiger nr. 61/1984.
5. HEGINBOTHAM, W. B. *Programmable Assembly*. Springer-Verlag, Berlin, 1984.
6. DILLING H. J. ș.a. *Rationelle Montage von Produktvarianten*. În: Industrie Anzeiger nr. 56/1984.
7. MORTIMER, J. *Integrated Manufacture*. Springer-Verlag, Berlin, 1985.
8. * * * *Actualitatea în domeniul roboților industriali*. O.I.D. 1987.
9. MORTIMER, J. *System of the future' prepares for world markets*. În: Industrial Robot, vol. 13, nr. 3, september 1986.
10. BRUXELLES, M. *Les fixation a desserrage rapide*. În Assemblages. Decembre, 1985, nr. 92.
11. * * * *Tendințe recente în fabricația flexibilă*. O.I.D. 1987.
12. * * * *Chrysler's Worlol Class Assembly*. În: Assembly Engineering, June 1985.
13. WILD, G. Wege unde Mittel zur flexibel automatisierten Fabrik in: Flexible Automation nr. 1/1983.
14. HARTLEY, J. *Toshiba looks toward future expansion*. În: Industrial Robot, vol. 13, nr. 2, June 1986.
15. Prospect Bosch. *Flexible Automation*.
16. MYRUP ANDREASEN, M. ș.a. *Design for Assembly*. Springer-Verlag, Berlin ș.a., 1983.
17. POHL, G. și BEITZ, W. *Engineering Design*. Springer-Verlag, Berlin, 1986.

18. TATAR MOISESCU, E. și TIMIȘ, L. *Materiale compozite.* În: Culegere documentară tematică I.N.I.D. 1988.
19. ISPAS, S. *Materiale compozite.* Ed. Tehnică, București, 1987.
20. * * * *Asamblarea automatizată vă poate ajuta.* În: Machinery, mai, 1985.
21. TOPAL, D. *Modularea utilajelor și liniilor de montaj etapă importantă în automatizarea flexibilă a montajului.* În: Construcția de mașini nr. 8/1988.
22. TOPAL, D. *Aspecte privind montajul automatizat flexibil.* În: Construcția de mașini, nr. 8/1983.
23. TOPAL, D. *Principalele căi pentru mărirea flexibilității și eficienței unei linii de montaj.* În: Construcția de mașini, nr. 12/1985.
24. TOPAL, D. *Cîteva criterii privind elaborarea unui concept de montaj.* În: Construcția de mașini, nr. 11/1985.
25. TOPAL, D. *Structurarea și modernizarea montajului.* În: Construcția de mașini, 1988.



14

Procedee tehnologice noi pentru mărirea durabilității organelor de mașini supuse la uzură

Ing. *Negriu Radu Mihai*
Ing. *Decuseară Gheorghe*
Institutul de Cercetări și Proiectări pentru Utilaje și Piese de Schimb București
Ing. *Marinescu Ioan*
Institutul Politehnic București

O cale importantă de creștere a durabilității organelor de mașini este mărirea durabilității lor, prin diferite procedee tehnologice, ca: tratamentul termochimic, metalizarea prin pulverizare în jet de plasmă și placarea cu diverse materiale ceramice.

1. Durificarea prin nitrurare

Față de alte procedee, nitrurarea prezintă următoarele avantaje:

— duce la mărirea durității oțelului tratat;

— nu produce în material deformații remanente sau modificări dimensionale mari;

— oțelurile nitrurate își mențin duritatea pînă la o temperatură de 500°C, cu o bună rezistență la oboseală corozivă prin abraziune.

Tratamentul de nitrurare poate fi accelerat folosindu-se nitrurarea în strat fluidizat. Cercetările au evidențiat că încălzirea în strat fluidizat duce la creșterea vitezei de încălzire a pieselor de 2 ... 5 ori față de cea obținută la cuptoarele cu recirculație a produselor de ardere.

Prin utilizarea stratului fluidizat, ca mediu de încălzire, se accelerează procesele de difuzie a azotului, în timpul tratamentului. Procedeul oferă posibilitatea realizării, în timp scurt, de straturi cu adîncimi de 0,35 ... 0,40 mm dacă se folosește azot de calitatea I-a, care este destinat spălării incintei de amoniac (30 ... 50%) în atmosferă exotermă, cu un debit prin care să se realizeze în permanență o fluidizare minimă a incintei. Straturile obținute prin nitrurare în strat fluidizat pot fi de 2 ... 4 ori mai mari, la aceeași durată a procesului față de cea obținută la nitrurarea clasică, cu consumuri energetice reduse.

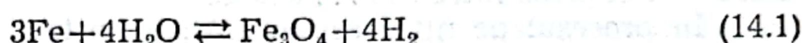
Nitrurarea în strat fluidizat este favorizată de mișcarea continuă a particulelor din stratul fluidizat care alimentează suprafețele pieselor cu cantități proaspete de gaz activ (amoniac), obținîndu-se un potențial de azot foarte ridicat și de intensitate constantă la suprafața pieselor.

Un procedeu în ascensiune este îmbogățirea simultană cu azot și oxigen a straturilor superficiale ale oțelurilor la temperaturi cuprinse între 500 ... 600°C într-o atmosferă de nitroferoxare. În acest mod se obțin straturi nitroferoxate cu adîncimi de 20 ... 60 μm, în funcție de durata de menținere, la jumătate față de cea clasică și la temperaturi de regim inferioare.

Nitroferoxarea reprezintă o asociere între nitrurarea în mediu gazos și feroxare, dar diferă, de fiecare în parte, atît prin tehnologie cît și prin rezultatele obținute.

Atmosfera de nitroferoxare se realizează prin vaporizarea amestecurilor de apă cu (13%... 26%) NH_3 sau cu abur supraîncălzit și (18... 32%) NH_3.

La temperatura de lucru atmosfera activă de nitroferoxare este alcătuită din amoniac disociat în azot atomic și hidrogen molecular. Această compoziție a oțelului conduce la un proces de feroxare cu formarea oxizilor de fier după relația



$$3Fe+4H_2O \rightleftarrows Fe_3O_4+4H_2 \quad (14.1)$$

urmat de procesul de nitrurare prin absorbția și difuzia azotului cu formarea fazelor α și γ (v. diagrama Fe—N). Procesele de feroxare și nitrurare decurg cu viteze diferite, care depinde de presiunea și compoziția atmosferei de nitroferoxare.

Procesul de feroxare desfășurat după reacția (14.1) decurge cu viteză maximă în primele 30 min, după care se reduce foarte mult, iar viteza de nitrurare se intensifică prin absorbirea azotului atomic activ rezultat din efectul catalitic al stratului poros de oxizi de pe suprafața piesei.

Prin analiza microscopică a stratului nitroferoxat se constată următoarele zone:

a) *Zona superficială exterioară* formată din diverși oxizi de fier (Fe_3O_4), cu două straturi:

1) stratul exterior de 4... 5 μm, obținut prin migrarea ionilor de fier în partea exterioară a suprafeței oțelului, din cauza vaporilor de apă din atmosfera de nitroferoxare;

2) stratul interior de 5... 6 μm, aderent și compact, obținut prin difuzia ionilor de fier din oțel și a ionilor de oxigen din atmosfera activă.

Acest microstrat poros de oxizi de fier joacă rolul de strat lubrifiant, cînd este îmbibat cu ulei, scăzînd substanțial coeficientul de frecare cu piesa în contact și cantitatea de căldură degajată datorită acesteia, mărind rezistența la coroziune erozivă a piesei.

b) *Zona nitrurată aflată sub microstratul de oxizi de fier* mărește duritatea superficială, de exemplu a oțelului rapid Rp5 de la (800... 830) *HV* la (1 110... 1 150) *HV*, mărind rezistența de tăiere a sculelor de prelucrat lemn.

Nitroferoxarea aduce în plus și avantajele:

— o viteză de încălzire a pieselor de 5... 6 ori mai mare față de cea clasică;

— scăderea timpului de menținere în cuptor la grosimi de strat echivalente;

— posibilitatea de adaptare rapidă a acestui procedeu la instalațiile clasice de nitrurare;

— consumuri energetice mai mici în raport cu instalațiile clasice.

Pentru nitrurare se recomandă oțelurile aliate cu Cr, Ni, Al, W, Mo, Ti, care exercită următoarele influențe:

— Cromul mărește rezistența, duritatea și adîncimea stratului nitrurat, prin formarea de nitruri CrN care se descompun la 800°C;

— aluminiul formează nitrura AlN, care se descompune la 1 000°C;

— molibdenul formează MoN, care înlătură fragilitatea ce poate să apară la o încălzire prelungită la 480... 550°C urmată de o răcire lentă.

La oțelurile carbon și la fonte nitrurarea mărește rezistența la coroziune a pieselor din acestea.

Pentru creşterea capacităţii portante a angrenajelor se foloseşte şi nitrurarea ionică.

Nitrurarea ionică este o metodă fizico-chimică la care gazul de tratat, NH_3 sau N_2, disociază la subpresiune (0,4 ... 0,6) Pa, tensiune (64 ... 70) V şi intensitate (500 ... 600) A, eliberînd azotul în stare ionică.

Temperatura piesei, necesară difuziei este asigurată chiar prin procedeul de disociere şi ionizare. Ionii de azot sînt acceleraţi pe baza tensiunii în direcţia piesei cedînd o parte din energia lor cinetică sub formă de energie termică. Domeniul de temperatură care se foloseşte la disociere este cuprins între 550 ... 600°C.

În procesul de nitrurare ionică se constată că se obţin durităţi variate ale stratului superficial al oţelului, în jur de 1 000 *HV*. La nitrurarea ionică, în contrast cu nitrurarea în gaze şi în baie există o durată de nitrurare optimă pentru capacitatea portantă a bazei dintelui şi deci o adîncime optimă de nitrurare a oţelurilor aliate cu Cr, Mo, V. Experienţele au arătat că timpul optim de nitrurare ionică este de circa 8 ore. În momentul măririi acestei durate apare în mod neaşteptat o scădere a capacităţii portante a bazei dinţilor.

Nitrurarea ionică prezintă largi posibilităţi de utilizare, şi în afară de acestea este favorabilă economiilor de energie şi nepoluării.

Durificarea prin carbonitrurare a sculelor de prelucrare a lemnului. Există o gamă variată de asemenea scule ca: freze, burghie, cuţite plane şi speciale. S-a urmărit utilizarea de oţeluri care prin tratament de durificare, să aibă la suprafaţă o duritate ridicată iar în miez tenacitatea corespunzătoare.

S-au experimentat diferite oţeluri, comportare bună dovedind oţelul VSCW 20, slab aliat, care are o mare rezistenţă la cald, realizîndu-se scule cu rezistenţă la şocuri mecanice şi termice. Din acest oţel au fost executate freze de sculptură cu coadă. Acestea au fost carbonitrurate la 870 ... 880°C şi apoi călite şi revenite la 200°C.

Tratamentul în scopul creşterii conţinutului de carbon de la 0,4 ... 0,5% la 0,8 ... 0,9%, stratul fiind format din carbonitruri cu duritatea de (720 ... 780) *HV*, iar miezul avînd bainită cu duritatea de (50 ... 54) *HRC* şi tenacitatea ridicată.

Rezultatele experimentărilor au demonstrat o creştere a duratei de exploatare a frezelor din acest oţel de 2 ... 3,5 ori faţă de cea a frezelor din oţel C 120.

Oţelul VSCW 20, cu un conţinut scăzut de elemente de aliere, prezintă avantajele:

— temperatură de carbonitrurare scăzută;
— reglarea uşoară a tenacităţii miezului;
— se poate utiliza la o mare gamă de scule de prelucrare a lemnului.

2. Durificarea prin borizare

Borizarea constă în saturarea stratului superficial cu bor, în medii active, capabile să cedeze bor atomic la temperaturi ridicate şi care difuzează liber în masa de oţel, putîndu-se forma feroboruri (FeB şi Fe_2B), carboboruri mixte ale elementelor de aliere (Ni, Mo, Cr, Co, etc.).

Este important de semnalat că Fe_2B este extrem de rezistent la temperaturi înalte.

Combinîndu-se cu carbonul borul formează carbura de bor.

Influenţa cantităţilor reduse de bor asupra proprietăţilor oţelurilor aliate indică o mărire a rezistenţei acestora după un tratament de călire şi o revenire la temperaturi joase (150—250°C).

Datorită solubilităţii reduse a borului în fierul α şi γ borurile de fier, după călirea oţelului, duc la o durificare dispersă a acestuia. Influenţa borului se resimte deosebit de pronunţat asupra durificării disperse a oţelurilor austenitice.

Borul influenţează deosebit de favorabil călibilitatea oţelului, mărindu-i duritatea, iar carbonul o micşorează.

Durata procesului de borizare în mediu solid (prin împachetare) este de 180 min, la o grosime a stratului borizat de 0,04 ... 0,120 mm şi de 480 min, la grosimea stratului de 0,080 ... 0,240 mm. Grosimea straturilor de boruri obţinute în condiţii obişnuite ajung la grosimi de 0,125 ... 0,180 mm.

Duritatea stratului tratat atinge valori medii de pînă la 2 300 μ *HV* şi uneori, la oţeluri aliate devine şi mai mare. O duritate mare se poate obţine chiar pe oţeluri carbon obişnuite OLC 15, OLC 25, OLC 45. Duritatea mare conferă straturilor de feroboruri o rezistenţă deosebit de ridicată la uzură şi abraziune. Cercetări făcute cu aparatura de la Institutul de Petrol şi Gaze (I.P.G.) Ploieşti au arătat superioritatea cu 35—40% a rezistenţei la uzură a suprafeţelor borizate în raport cu cele acoperite cu stellit.

Borizarea îmbunătăţeşte mult rezistenţa la coroziune. Din literatura de specialitate [6] rezultă că suprafeţele borizate ale unui oţel carbon au o rezistenţă de cel puţin 15 ... 20 ori mai mare decît a oţelului de bază la atacul unor agenţi corozivi cum ar fi: HCl (20%); H_3PO_4 (30%); H_2SO_4 (10%).

După borizare piesele nu se mai prelucrează deoarece stratul borizat este foarte subţire. Deformaţiile remanente sînt relativ importante şi depind mult de calitatea oţelului tratat şi de pregătirea piesei în vederea eliminării tensiunilor reziduale înainte de borizare. Calitatea suprafeţei după borizare se poate finisa prin rodare după această operaţie, suprafeţele cu mici adîncituri dispărînd.

Durificarea prin borizare a butonilor lagărelor sapelor de foraj

La I.P.G. (Institutul de Petrol şi Gaze) Ploieşti s-au făcut experimentări pe epruvete carburate şi necarburate din oţel 20 MoNi 6X, s-au determinat parametrii de borizare cu pulbere „Ekabor" din import şi în paralel cu o pulbere românească „Pulbor", pentru a obţine un strat de Fe_2B cu grosimea de 0,127 mm, la o temperatură de 900°C, timp de tratare de 200 min. S-a trecut la borizarea unor butoni de sapă cu scopul studierii comportării lor la uzură în comparaţie cu butonii stelitaţi.

Rezultatele prezentate în articolul [6] atestă că durabilitatea butonilor borizaţi este cel puţin echivalentă cu a celor stelitaţi. Pe baza rezultatelor favorabile s-a realizat şi testat într-o sondă, sape borizate, comparativ cu sape identice ca tip cu butoni durificaţi prin stelitare. Butonii borizaţi au fost superiori la toţi indicatorii:

— timp de montaj pe sapă, cu peste 80%;
— durabilitate (h/sapă) mai mare, cu peste 65%;
— penetraţia în rocă (m/h), cu 10%.

Durificarea prin borizare a țevii de spălare de la capetele hidraulice ale sapelor de foraj

Etanșarea țevii de spălare cuprinde țeava de spălare *1* (un ansamblu foarte important din cadrul capului hidraulic), legînd luleaua *2* cu fusul capului hidraulic *3* (fig. 14.1.).

Prin etanșarea țevii de spălare se împiedică ieșirea în exterior a noroiului de foraj. Noroiul de foraj provoacă o uzură la abraziune între garnitura de cauciuc și exteriorul țevii de spălare *1*, accelerînd uzura prin coroziune.

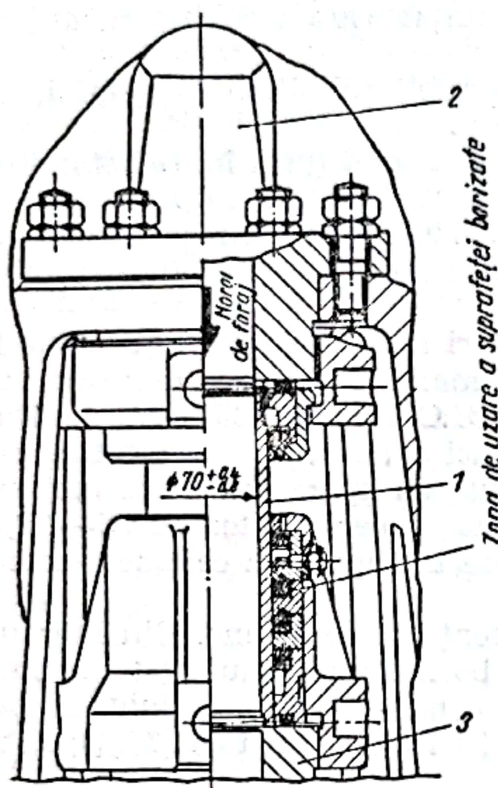


Fig. 14.1. Țeava de spălare de la capătul hidraulic al sapelor de foraj.

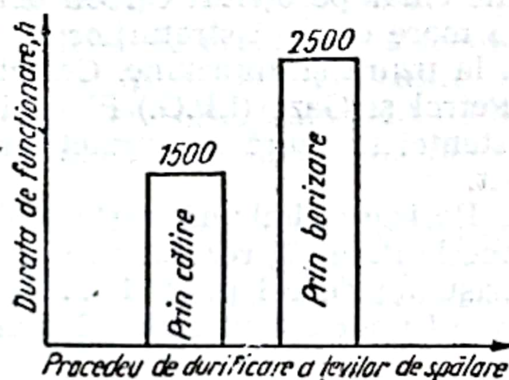


Fig. 14.2. Comportarea în exploatare a țevilor de spălare.

S-au experimentat și țevi de spălare durificate prin procedee clasice (călire superficială pînă la adîncimea de 3 mm la duritatea 53 ... 58 *HRC*), ulterior rectificate, cromizate dur pe o adîncime de 0,080 ... 0,100 mm, și lustruite la suprafață și apoi durificate prin borizare. Durata de funcționare a acestor piese în exploatare este prezentată în fig. 14.2.

3. Durificarea prin depunere de straturi ceramice

Acest procedeu are următoarele avantaje:

— oferă posibilitatea de a acoperi piese fabricate din orice material, deoarece temperaturile de lucru sînt moderate, neeliminînd însă riscul apariției de tensiuni interne sau fisuri;

— acoperirea se poate face în orice loc, chiar și în afara atelierului și pe suprafețe oricît de mari, indiferent de configurația geometrică a piesei;

— se pot depune straturi de grosimi ce variază de la 0,1 ... 0,5 mm;

— poate fi depus orice fel de metal, formîndu-se pseudoaliaje, care nu se pot obţine în stare lichidă;

— permite obţinerea de straturi depuse cu o mare rezistenţă la uzare, formînd cupluri tribologice eficiente;

— se realizează cu o productivitate mare şi la un preţ de cost scăzut;

— oferă posibilitatea depunerii peste straturi de vopsea sau materiale plastice, suprafaţă ce asigură o aderenţă foarte bună.

Dintre dezavantaje se menţionează:

— stratul depus are o rezistenţă scăzută la încovoiere şi tracţiune, apropiată de cea a fontei obişnuite;

— rezistenţa stratului fiind redusă nu se pot acoperi piese care lucrează la şocuri (came, tacheţi);

— în straturile depuse nu se pot prelucra filete sau şanţuri iar găurirea trebuie făcută cu atenţie, ca să nu exfolieze materialul depus la ieşirea burghiului;

— piesele acoperite nu pot fi prelucrate prin deformări plastice;

— în timpul pulverizării materialului de adaos se degajă praf şi gaze nocive care obligă la realizarea unei ventilaţii în încăperea de lucru.

Acoperirea cu pulberi ceramice introduse în jet de plasmă

Starea de agregare a materiei, caracterizată prin cel mai ridicat conţinut energetic, o stare cu totul excepţională este numită *plasmă*. În fig. 14.3 se observă cum conţinutul energetic cuprins între 0,5 ... 1,5 electroni volţi unde se află o coexistenţă a atomilor, ionilor şi electronilor, corespunde cu temperaturile de 5 500° pînă la 16 500°K. Variaţiile energetice naturale şi artificiale ale plasmei sînt numeroase şi numai temperatura nu este suficientă pentru a le diferenţia. În continuare se dă modalitatea de diferenţiere a varietăţilor de plasmă, în vederea identificării cu claritate a plasmei-jet, variantă tehnologică cea mai avansată aplicabilă ceramizărilor. Plasma-jet este acea formă a materiei obţinută pe instalaţii speciale care extrage şi transferă energia dintr-un arc electric gazului insuflat. Gazul îmbogăţit cu energie se transformă într-un jet de plasmă care iese dintr-unul din electrozi (anod) rezultat la ajutaj. Din

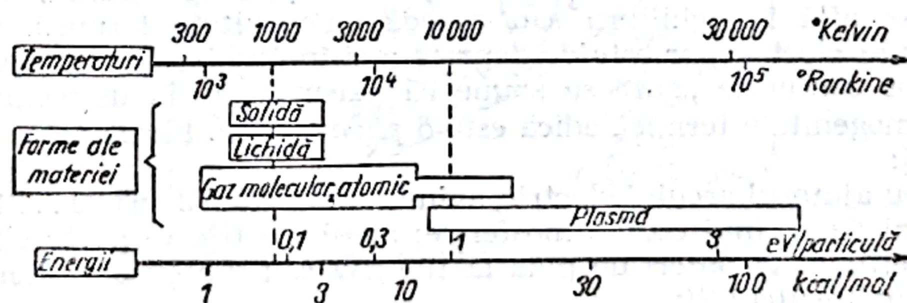


Fig. 14.3. Comportarea materiei la temperaturi ridicate.

această cauză plasma-jet se mai numeşte şi plasmă cu arc sau arcplasmă.

O primă diferenţiere a tipurilor de plasmă se face prin intermediul parametrilor „densitate electronică“, „energie electronică“ şi lungime Debye λ. Ultimul parametru exprimă dimensiunea orbitei electronului din jurul ionului. Cea mai mare valoare a acestuia indică printre altele o

valoare mai mică a presiunii plasmei şi invers. În fig. 14.4 se exprimă caracteristicile fiecărui tip de plasmă. Se poate observa că, plasma termonucleară are aproape aceeaşi densitate electronică cu plasma cu arc, dar energii diferite. Dimpotrivă, plasma ionosferei faţă de plasma de arc are valori la jumătate sau chiar mai mici ale plasmei electronice şi valori cu mult mai scăzute ale densităţii electronice, din cauza gradului considerabil de vid propriu al ionosferei.

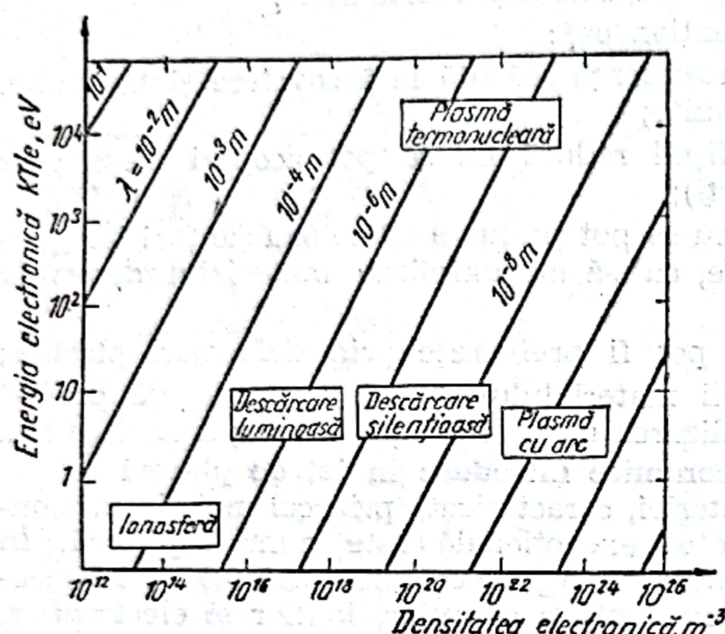


Fig. 14.4. Clasificarea plasmelor în funcţie de lungimea de Debye λ.

Se precizează că pentru presiuni de lucru egale sau mai mari decît cea atmosferică, tensiunea arcului poate atinge valori de sute sau chiar mii de volţi, funcţie de gazul plasmagen folosit. Tensiunea arcului este strîns legată de tipul de moleculă gazoasă şi de numărul moleculelor prezente în unitatea de volum. Presiunea gazului şi curentul electric condiţionează omogenitatea plasmei din punct de vedere termic în raport cu componentele sale uşoare (electroni) şi grele (molecule, atomi, ioni). Cînd toate elementele care compun plasma au aceeaşi temperatură se spune că aceasta se află în echilibru sau posedă omogenitate termică, iar cînd temperatura electronilor este de departe mai înaltă decît cea proprie componentelor denumite „gaz“ se spune că plasma este în dezechilibru, nu posedă omogenitate termică adică este o *plasmă rece*. Plasma rece se poate obţine [3]:

1) cu ajutorul arcului electric, avînd temperaturi de 6 000 . . . 15 000°K şi presiuni de ordinul celei atmosferice; arcul electric se poate obţine din curent continuu la puteri de pînă la 100 kW sau din curent alternativ la puteri de peste 100 kW;

2) cu ajutorul curentului de înaltă frecvenţă la temperaturi de 6 000°K şi presiuni inferioare celei atmosferice; procesul este mai economic, puterea maximă a generatorului fiind de cîţiva kilovaţi.

În cazul unui arc cu vapori de mercur, temperatura (fig. 14.5.), electronilor este diferenţiată faţă de cea a componentelor grele (gazul) la valorile presiunii plasmei sub 100 torr, fiind limita inferioară a omogenităţii termice. În cazul unui arc cu argon la presiunea atmosferică (fig. 14.6), temperatura particulelor uşoare faţă de a celor grele se diferen-

ţiază crescător, cînd intensitatea curentului scade sub 30 A, valoarea limită inferioară a omogenităţii termice.

Un alt mod de a distinge diferitele plasme artificiale este şi cel de a examina corelaţia „densitatea de curent" şi raportul între intensitatea şi presiunea cîmpului electronic, respectiv p şi Ev, reprezentată în fig. 14.7.

Graficul arată că plasmei jet îi corespund cele mai ridicate valori ale densităţii curentului, cele mai mari raporturi p/E_v şi un grad ridicat

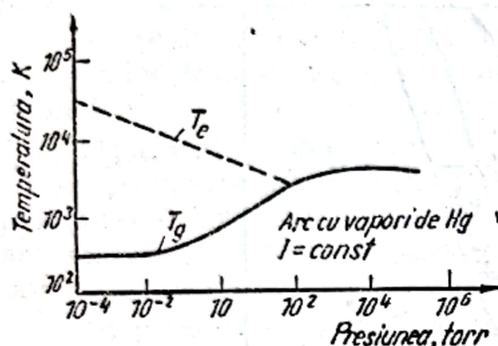


Fig. 14.5. Temperatura electronilor şi a gazului electronic funcţie de presiune.

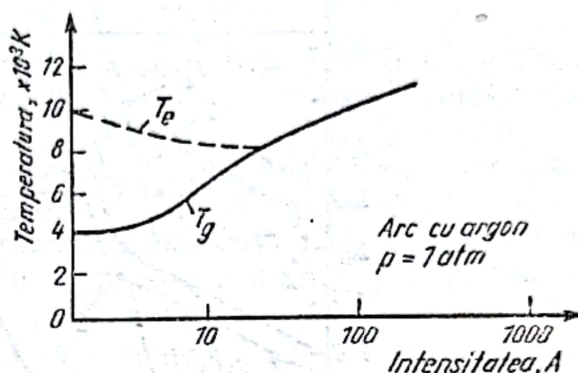


Fig. 14.6. Temperatura electronilor şi a gazului funcţie de intensitatea descărcării.

de manevrabilitate a aparatului. În funcţie de gazul plasmagen folosit, se pot atinge diferite valori ale temperaturii pentru aceeaşi energie transferată plasmei.

Din graficul fig. 14.8 rezultă dependenţa între temperatură şi conţinutul de căldură al plasmelor care se pot obţine prin folosirea diferite-

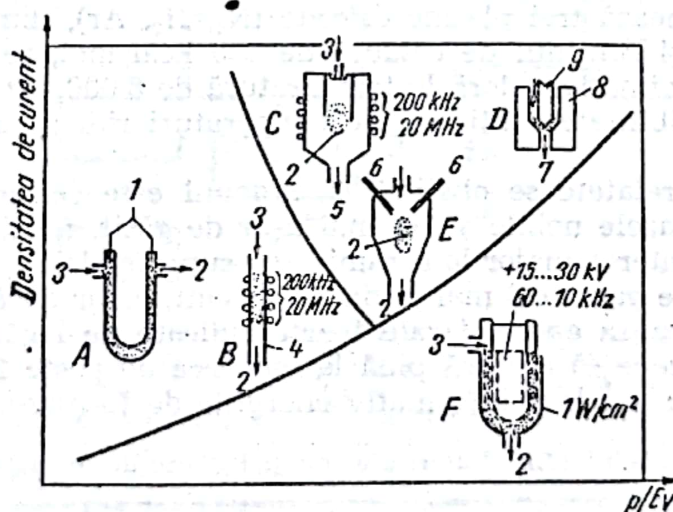


Fig. 14.7. Raportul p/Ev şi densitatea de curent la descărcarea cu arc luminos şi cu nimb:

A — descărcare luminoasă în c.c. şi c.a.; *1* — electrozi de W sau Pt; *2* — plasmă; *3* — gaz; *B* — descărcare luminoasă silenţioasă; *4* — descărcare zonală; *C, D, E* — descărcare cu arc; *5* — plasmă indusă; *6* — electrozi de carbon; *7* — plasma-jet de c.c. sau c.a.; *8* — anod de cupru; *9* — catod de W; *F* — descărcare cu nimb, ozonizatoare.

lor gaze (azot, oxigen, hidrogen, argon, heliu ş.a.). Pentru gazele biatomice curba *1* atestă procesul puternic endoterm al disocierii, care limitează considerabil nivelul temperaturii la care plasma poate ajunge. Curbele *2* atestă procesul de ionizare prin care rezultă plasma.

Gazele monoatomice (sau gazele nobile Ar, Ne, He), dimpotrivă dau naştere mai rapid la formarea plasmei, cu avantajul de a dispune de tem-

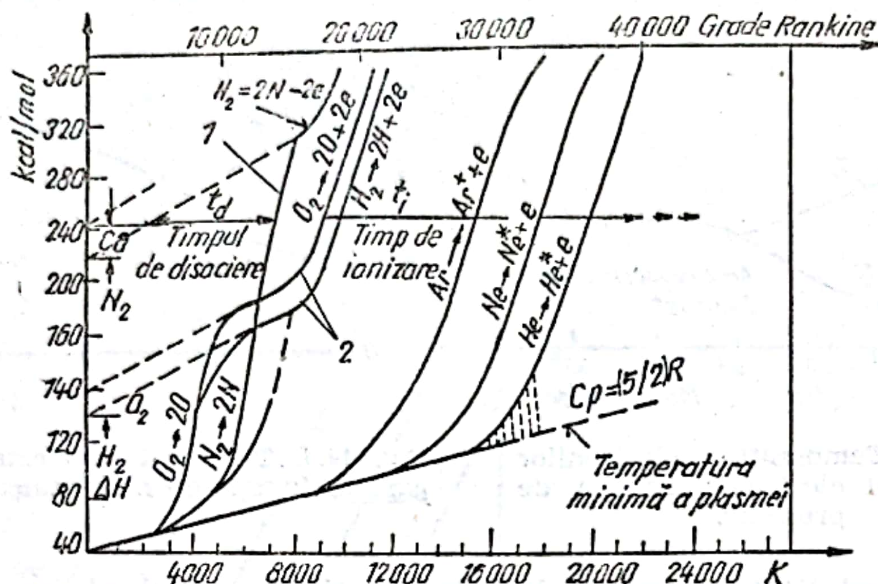


Fig. 14.8. Dependenţa între temperatură şi conţinutul de căldură al gazelor monoatomice şi biatomice.

peraturi mult mai ridicate pentru aceeaşi valoare a conţinutului de căldură. Aceasta se datoreşte absenţei procesului endoterm de disociere. Dacă se examinează trei plasme diferite (N_2, H_2, Ar), din punctul de vedere al aceluiaşi conţinut de căldură de 280 kcal/mol, se va vedea că le corespund aproximativ valori de temperatură de 8 000, 10 000 şi 16 000°K; se remarcă posibilitatea obţinerii de temperaturi ridicate cu plasmele gazelor nobile.

Din cele relatate se observă că argonul este cel mai abundent în natură dintre gazele nobile şi cel mai uşor de găsit, fiind unul din materiile prime de interes major la ceramizarea suprafeţelor.

Azotul este gazul cel mai puţin interesant, chiar dacă este mai puţin costisitor, din cauza energiei sale foarte ridicate de legătură, care de la linia trasată începe să crească pînă la valoarea de peste 225 kcal/mol. În tabelul 14.1. se prezintă informativ energiile de formare a unor gaze.

Tabelul 14.1. **Valori ale energiei libere de formare**

Reacţia de disociere a unor gaze	Energie liberă de formare, kcal/mol
$H_2O=OH+H$	116
$CO_2=H+O_2$	126
$HF=H+F$	135
$N_2=N+N$	225
$CO=C+O$	—

Avantajele oferite de plasmele gazelor nobile, în special de plasma argonului sînt:

— nu reacţionează chimic cu pulberile folosite pentru stratul protector şi nu are o acţiune de impurificare asupra materialului de bază;

— nu se descompune cu uşurinţă şi nu creează fragilizarea materialelor metalice supuse unui tratament superficial;

— nu încălzeşte excesiv materialul de bază ca în cazul folosirii plasmelor reactive;

— realizează o lungime mai mică a flăcării faţă de cea a plasmelor gazelor biatomice, putînd opera în interiorul produselor tubulare cu diametrul mare.

Aparataj şi depunere. Schematic o instalaţie de plasmă—jet este cît se poate de simplă. În practică, este destul de complexă din cauza prezenţei diferitelor dispozitive de „comandă-control" — „reglare" şi a automatizărilor, care asigură condiţiile de protecţia muncii pentru instalaţie în orice situaţie.

În principiu, în fig. 14.9 se prezintă schematic componenţa unei instalaţii de termosprayere în jet de plasmă.

Neluînd în consideraţie generatorul de forţă *10* şi tabloul *7* de comandă — control, schema esenţială se reduce la cea reprezentată în fig. 14.10, *a*. Gradul de transferare a arcului la piesă se poate regla prin intermediul varierii rezistorului *4*, care condiţionează intensitatea curentului angajat la anodul frontal al generatorului de plasmă. Prin deschi-

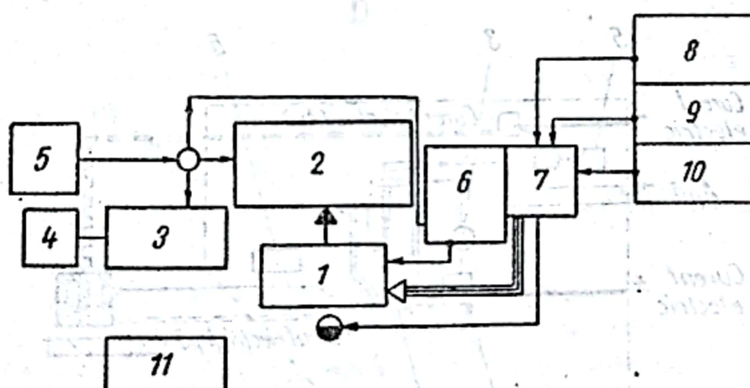


Fig. 14.9. Schema componenţei unei instalaţii de pulverizare în plasma-jet tip „METCO-S.U.A.":
1 — generator; *2* — cabină de pulverizare; *3* — instalaţie de sablare; *4* — filtru special; *5* — alimentare cu aer comprimat; *6* — instalaţie de dozare a pulberii; *7* — tablou de comandă şi control; *8* — butelii de gaz plasmagen; *9* — instalaţie de răcire cu apă; *10* — instalaţie de alimentare cu curent continuu de mare intensitate; *11* — banc de lucru;

derea contactorului *3* dispozitivul poate fi determinat să funcţioneze şi ca „arc-plasmă", total transferat piesei.

În scopul ceramizării cea mai bună instalaţie este cea cu arc- plasmă „netransferat" reprezentată în fig. 14.10, *b*.

Aceasta evidenţiază că piesa supusă tratamentului nu face parte din circuitul electric al instalaţiei cu plasmă-jet. În acest caz toată intensitatea curentului trebuie transmisă de anodul frontal al generatorului de plasmă

care este aprins prin scînteia trimisă de dispozitivul de amorsare 6 și este ferit de prejudiciile cauzate de fuziunea provocată de plasmă prin circuitul de răcire cu apă alimentat de electropompa 5.

Generatorul de plasmă prezentat în fig. 14.10, *c* se evidențiază prin secțiunea în ajutajul în care se formează plasma prin intermediul schimbului energetic între gazul stabilizator al arcului și descărcarea electronică a acestuia.

Plasma formată capătă o energie dinamică și primește prin injectare pulberi transportate de un gaz purtător. Ajunsă în porțiunea spre exterior a generatorului „flacăra" plasmei produce topirea și accelerarea

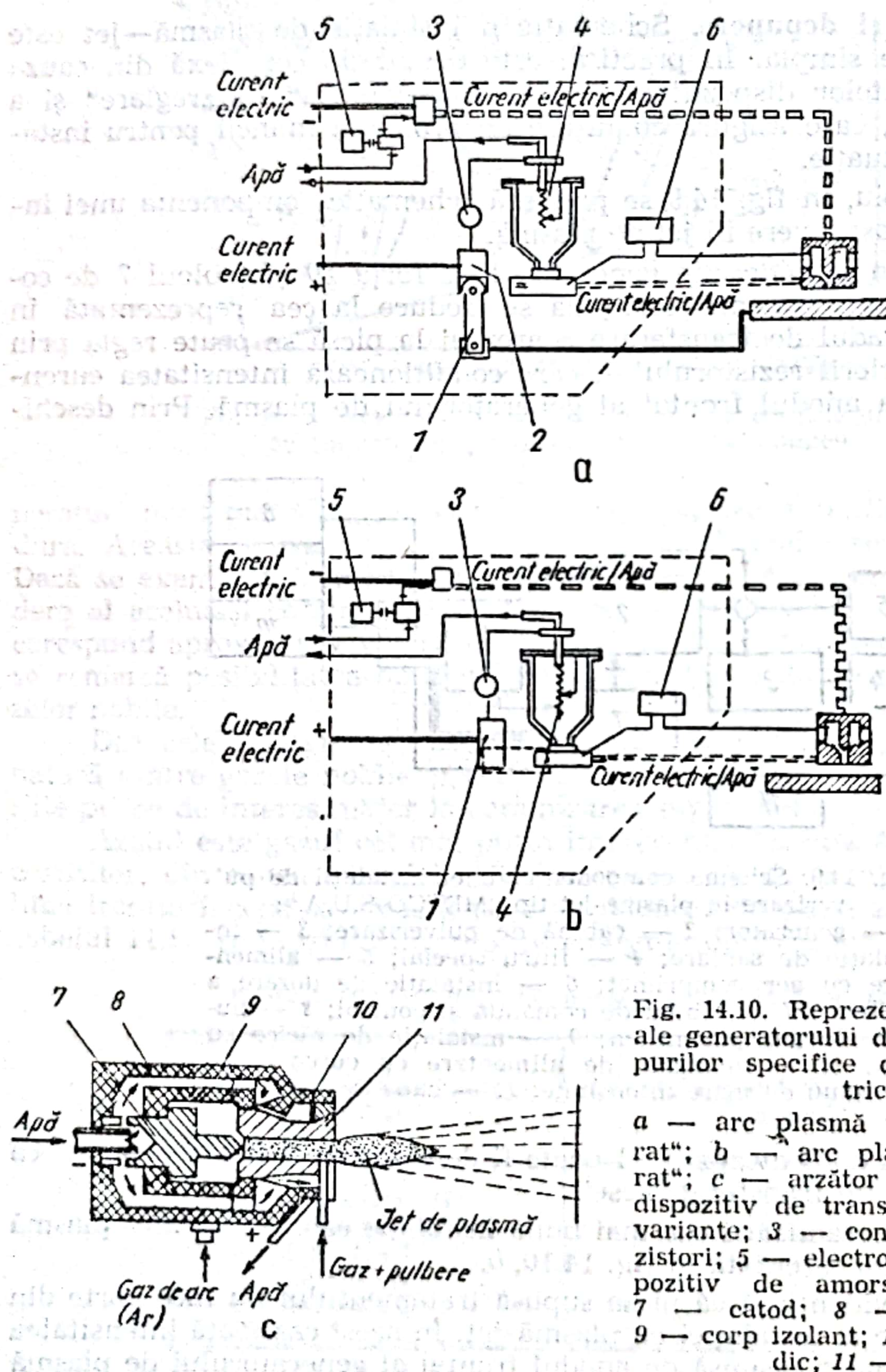


Fig. 14.10. Reprezentări schematice ale generatorului de plasmă și a tipurilor specifice de legături electrice:

a — arc plasmă variant „transferat"; *b* — arc plasmă „netransferat"; *c* — arzător plasmă; *1*; *2* — dispozitiv de transfer în cele două variante; *3* — contactori; *4* — rezistori; *5* — electropompă; *6* — dispozitiv de amorsare a arcului; *7* — catod; *8* — suport catod; *9* — corp izolant; *10* — suport anodic; *11* — anod.

la viteze supersonice a particulelor de pulbere injectată, implicînd preluarea energiei din plasmă și imprimînd o traiectorie particulelor ceramice în stare de plasmă.

Pentru a stabili parametrii care condiționează caracterul straturilor protectoare ceramice în fig. 14.11 este prezentată schema structurală de parametri fundamentali corelați cu caracteristicile de aderență, coerență ș.a.

Pentru ceramizarea suprafețelor, pe lîngă problema nivelului termic al flăcării, ca mijloc adecvat al topirii, există și alți parametri la depunerea cu plasma jet, sistematizați în tabelul 14.2.

Pulberile folosite în condiții de temperaturi ridicate trebuie să aibă următoarele proprietăți: 1) mecanice (elasticitate, plasticitate, rezistență la tracțiune, rezistență la șoc); 2) chimice (comportament la oxidare; comportament la carburare, comportament față de gazele corozive, comportament față de metale topite, comportament față de săruri și acizi); 3) fizice (refractaritate, temperaturi de topire și de volatilizare ridicate; conductibilitate termică; dilatare termică).

Dezavantajul straturilor protectoare obișnuite este acela că prezintă caracteristici de rezistență mai scăzute la șoc termic, coroziune cît și un caracter deschis (permeabil) al porozității.

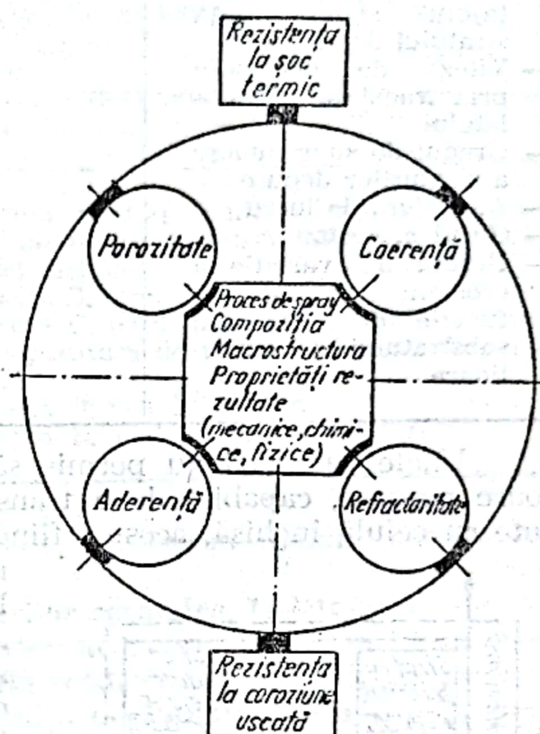


Fig. 14.11. Parametrii care condiționează caracterul adecvat al straturilor protectoare ceramice, drept bariere de funcționare la temperaturi înalte.

Porozitatea permeabilă permite gazelor corozive să declanșeze procese de coroziune pe interfața cu substratul și să rupă acest strat protector. Porozitatea mai mică sau lipsă expune stratul protector la tensiuni de natură mecanică sau termică.

Tabelul 14.2. **Parametrii tehnologici ai procesului de acoperire cu pulberi ceramice prin jet de plasmă**

Plasma	Pulbere	Alimentarea cu pulbere
Tensiune în arc Tipul de gaz pentru arc	Compoziție Proprietăți fizice	Sistemul de alimentare Debitul pulberii
Puritatea gazului pentru arc	Metoda de obținere	Debitul de gaz purtător Tipul gazului purtător
Fluxul gazului pentru arc	Granulometria	Puritatea gazului purtător
Geometria electrozilor	Distribuția	Unghiul de pătrundere și poziția de pătrundere în plasmă

Procedeul termospray	Tratamente ulterioare	Substratul de consolidare
— Distanța între ajutajul anodic și substrat — Unghiul între axa ajutajului și suprafața stratului depus — Viteza de deplasare prin translație a pistoletului — Gradul de suprapunere a straturilor depuse — Atmosfera de lucru — Gazul protector — Gradul de variație a grosimii stratului în funcție de grosimea substratului de consolidare	Finisarea straturilor protectoare cu substanțe auxiliare	Compoziția Metoda de pregătire a suprafeței metalului suport Gradul de rugozitate a suprafeței metalului de bază

Unele cercetări au permis să se considere bune straturile protectoare poroase, capabile de a transforma porozitatea deschisă în porozitate cu celulă închisă, acestea fiind denumite „ermetizate"; cu acestea se rezolvă problema unei bune rezistențe la șoc termic și la coroziune așa cum se arată în fig. 14.12. Această proprietate se datorește în principal compoziției și depunerii în straturi cu compoziție puțin variabilă de la un strat la altul. În tabelul 14.3 se dau caracteristici ale depunerilor ceramice, iar structura lor se arată în fig. 14.13.

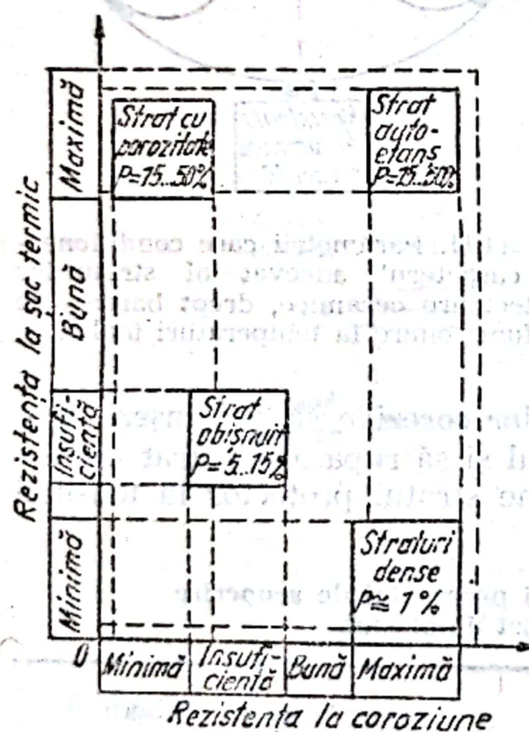


Fig. 14.12. Domeniile caracteristice de rezistență la șoc termic și coroziune funcție de porozitatea straturilor ceramice.

Straturile cele mai profunde ale stratului protector bogate în componenta *A* sînt pregătite să se lege solid de metalul de bază și de straturile intermediare. Straturile intermediare bogate în componenta *B* sînt pregătite să asigure, prin intermediul efectului de autoetanșare, proprietăți antioxidante și aderența straturilor din adîncime cît și cu cel superficial.

Ultimul strat depus din materialul ceramic, cu o temperatură de topire ridicată conferă stratului protector depus un ansamblu de proprietăți mecanice chimice, fizice, necesare atingerii unor caracteristici superioare. În fig. 14.13, *b* se prezintă stratul cu componenta *A* aliaj din pulberi nichel-alumină și componenta *C* din oxizi ceramici, ermetizați prin umectare în rășini epoxidice *E*.

De la stratul materialului de bază evoluția proprietăților substraturilor este următoarea: conductibilitatea termică descrește, temperatura de

Tabelul 14.3. **Caracteristici ale depunerilor ceramice**

Proprietățile stratului depus	Barieră tehnică antioxidantă. Barieră antioxidantă
Mecanismul de acțiune al componenților straturilor	Consolidarea prin difuzie a legăturii între cele trei componente fundamentale A, B, C, ale stratului depus Autoetanșarea Autorefacerea, autoceramizarea, eventualelor fisuri, crăpături
Componente ale structurii stratului protector depus (v. fig. 14.13)	— Componenta A, aliaj de nichel, sau cupru cu temperatura de topire cuprinsă între 800 ... 1 350°C sau nichel metalic — Componenta B, crom metalic — Componenta C, oxid ceramic, simplu sau compus, avînd temperatura de topire egală sau mai înaltă de 1 900°C — Componenta D, metalul suport — Componenta, E, material de ermetizare

topire crește, capacitatea calorică scade, caracterul metalic devine progresiv ceramic.

Exemple de aplicații ale depunerilor ceramice. 1) *Utilizarea de straturi ceramice de* ZrO_2*, la protecția antitermică, corozivă-erozivă a motoarelor turboreactoare* [8] a apărut datorită scăderii caracteristicilor mecanice și susceptibilității la coroziune în condiții de funcționare a superaliajelor utilizate anterior.

Scopurile urmărite:

— realizarea în țară de materiale ceramice refractare;

— stabilirea unei tehnologii adecvate de depunere în jet de plasmă;

— investigări prin microscopie electronică analitică a compoziției și structurii straturilor ceramice;

— testări ale performanțelor prin ciclaj termic.

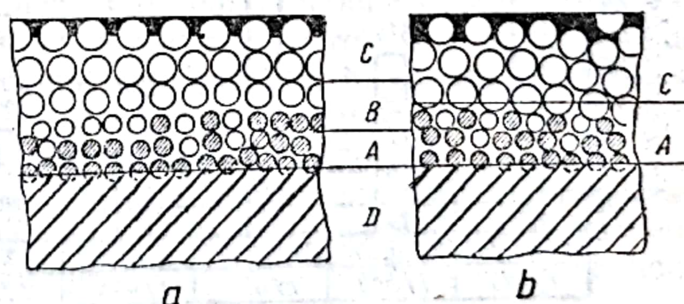


Fig. 14.13. Variante de scheme (*a* și *b*) reprezentative ale straturilor protectoare: cercurile albe — particule ceramice; cercurile hașurate — particule metalice; fondul negru — masă de ermetizare.

Depunerea în jet de plasmă s-a făcut cu materiale pulverulente cu rețetele: 80% ZrO_2 — 20% Y_2O_3 (R1); 76% ZrO_2 — 24% MgO (R2); 79% ZrO_2 — 21% MgO (R3); 70% ZrO_2 — 30% CaO (R4).

Impuritățile s-au dozat spectometric, iar oxizii pe cale complexometrică. Concomitent s-au făcut analize de difracție cu radiațiile X, măsurători de suprafață specifică a pulberilor și determinări de distribuție

granulometrică. Pentru sinteza ZrO_2 stabilizat au fost necesare operații de calcinare, brichetare, măcinare, sortare și dozare granulometrică.

Materialele metalice suport pentru acoperiri prin depunere au fost degresate, sablate în prealabil, avînd mărcile: OL25; EI435; EI868. S-au folosit straturi suport din 6% Al-Ni-Cr. Acoperirea epruvetelor s-a făcut pe o instalație de depunere în jet de plasmă tip METCO — S.U.A., în atmosferă de argon și hidrogen gaz purtător. S-au depus straturi suport cu grosimea g=0,10 . . . 0,20 mm și straturi ceramice cu grosimea de 0,05 . . . 0,20 mm.

Rezultate experimentale. Testarea refractarității s-a făcut într-un cuptor electric în care epruvetele au fost supuse la temperaturi crescătoare de la 800 . . . 1 200°C, pentru a determina temperatura la care acoperirile se degradează.

Testarea rezistenței la șoc termic se face prin:

a) încălzire rapidă 100°C timp de 5 min și răcire liberă în aer 5 min;
b) încălzire rapidă la 900° pînă la 1 000°C și răcire forțată cu aer sub presiune timp de 5 min;
c) expunere în flacăra focarului unui cuptor de ardere a combustibililor grei la 950°C timp de o oră și răcire liberă în aer 10 min. Epruvetele

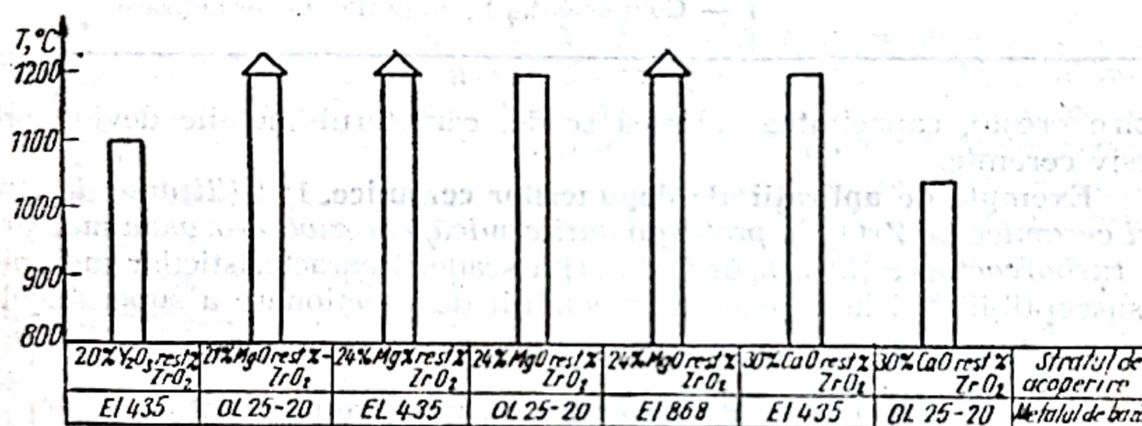


Fig. 14.14. Rezultatul testului de refractaritate pentru acoperiri ceramice.

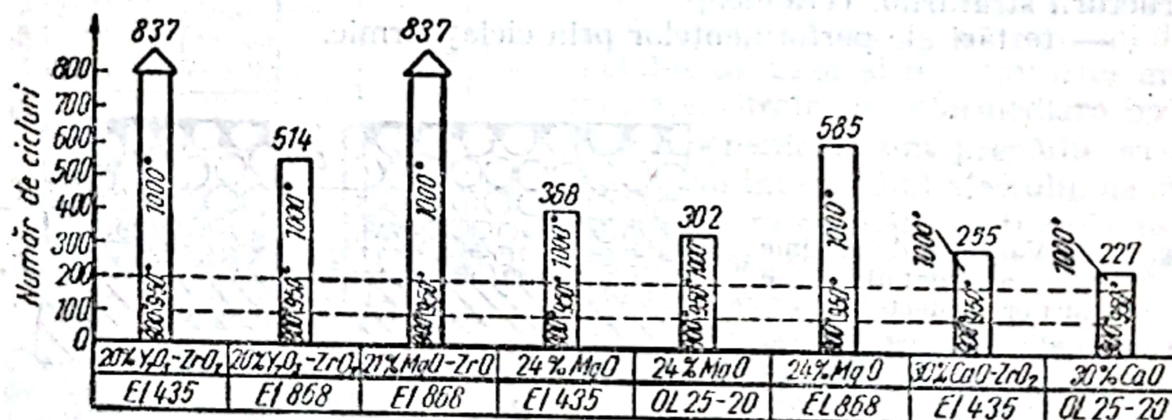


Fig. 14.15. Rezultatele testului de rezistență la șoc termic al acoperirilor analizate.

au fost expuse succesiv o oră la 800°C, 900°C, 1 000°C, 1 100°C, 1 180°C, cu o răcire în aer la 10 min. Rezultatele sînt prezentate în fig. 14.14.

Testări la șoc se fac prin încălzire 5 min la temperaturile de 900°C, 950°C, 1 000°C, cu o răcire forțată de 5 min cu un jet de aer rece. Rezultatele sînt centralizate în fig. 14.15 și tabelul 14.4.

Tabelul 14.4. **Valori ale testului de rezistență la șoc termic**

Tipul de pulbere	Metalul pe care se depune	Timpul total de expunere t_e, h	Număr de șocuri la t_e
20% Y_2O_3 — 80% ZrO_2	EI — 435	5,5	22
21% MgO — 79% ZrO_2	OL 25	5,5	20
24% MgO — 76% ZrO_2	EI — 435	12,5	41
24% MgO — 76% ZrO_2	OL 25	12,5	41
24% MgO — 76% ZrO_2	EI — 868	13,5	43
30% CaO — 70% ZrO_2	EI — 435	1,5	12
30% CaO — 70% ZrO_2	OL 25	1,5	12

Straturile depuse au un grad bun de aderență cu stratul metalic de bază al straturilor intermediare de aderență Ni-Cr-Al, iar straturile ceramice prezintă o structură cu o porozitate minimă la rețeta R1; acceptabilă la R2 și exagerată la R3. Acoperirile ceramice prezintă o consolidare mecanică la nivelul macrogeometriei stratului de aderență.

În condițiile de solicitare termică și ciclică straturile ceramice pe bază de Y_2O_3 și MgO s-au dovedit superioare din punct de vedere structural și microcompozițional.

2) *Durificarea pistoanelor plunger ale pompelor, de medie și înaltă presiune* supuse la uzura abrazivă, prin încălzire, cu straturi ceramice de proveniență românească [9]. La pompele de medie și înaltă presiune și debit constant cu pistoane plunger, care lucrează în condiții de frecare de alunecare cu presgarnitura cutiei de etanșare, elementul elastic ce asigură etanșarea este executat din șnur de azbest teflonat, sau grafitat. Viteza de alunecare a pistonului ajunge la 0,5 . . . 2 m/s la presiunea de lucru de 200. . . 350 bar.

Mediul de lucru conține o cantitate importantă de particule abrazive, cu dimensiuni 0,2 . . . 0,5 mm. Particulele abrazive din fluidul vehiculat au o duritate de ordinul 1 600—2 900 μHV și prezintă muchii ascuțite care acționează ca veritabile microscule așchietoare. Procesul de abraziune se desfășoară prin circulația microparticulelor abrazive, parte din acestea fiind reținută de șnurul etanșării. Acestea acționează asupra pistonului pînă la uzarea muchiilor; în timpul funcționării are loc permanent un proces de „împrospătare" a particulelor reținute în sistemul de etanșare datorită mișcărilor repetate ale șnurului în casetă. În tot acest timp, în zona etanșării se dezvoltă o mare cantitate de căldură, care influențează direct proprietățile pistonului și ale garniturii.

Cercetînd materialul depărtat de pe suprafața metalică abrazată se constată că 70% pînă la 90% este format din microașchii, restul reprezentînd particule fine rezultate din procesul complex de ecruisare și detașare. Această repartiție este influențată de:

— raportul dintre duritatea superficială a pistonului și duritatea abrazivului; la durități apropiate particula abrazivă se rotunjește dispărînd acțiunea de abraziune;

— geometria particulei abrazive cu muchii ascuțite prezintă calități așchietoare superioare celor rotunjite;

— capacitatea de înglobare a abrazivului în garnitura elastică a etanșării, care va detașa permanent material din piston;

— raportul dintre duritatea materialului abrazat și cea a abrazivului, care dacă este mai mare de 0,6 diminuează procesul de uzare în condițiile de mai înainte.

Un alt proces de mărire a durabilității pieselor este și placarea acestora cu bucșe din bazalt sinterizat.

3) *Realizarea pistoanelor ceramizate cu materiale ceramice* [9; 10; 11]. Materialele de acoperire sînt pulberi fine cu proprietăți ale materialelor ceramice, (duritate ridicată, stabilitate structurală, rezistență la abraziune, coroziune, eroziune), asigurînd o creștere importantă a durabilității în exploatare.

Pentru acoperire s-a folosit rețetele din brevetul 93.336 R.S.R., cu o granulometrie controlată și caracteristicile:
— temperatură de topire, 2 370°K;
— densitate, 3,96 . . . 3,98 g/cm^3;
— rezistență la compresiune, 21 000 daN/cm^2;
— căldură masică medie, 0,26 cal/g·°C.

Acoperirea s-a efectuat cu o instalație METCO — S.U.A., urmărindu-se:

— pregătirea pistoanelor pentru acoperire prin degresare, sablare, vopsire de protecție (antibond);

— reglarea parametrilor instalației de depunere în jet de plasmă;

— optimizarea caracteristicilor pulberii ceramice;

— depunerea unui prim strat cu o grosime de 0,05—0,07 mm numit strat de consolidare;

— depunerea stratului de uzură ceramic cu grosime totală de 0,25—0,30 mm depus prin treceri succesive cu pulbere ceramică românească (Institutul de Cercetări și Proiectări de Utilaje și Piese de Schimb — I.C.P.U.P.S. BUCUREȘTI);

— ermetizarea stratului depus cu rășină epoxidică de mare duritate depusă pe piesa încă caldă.

Prelucrările finale ale suprafeței ceramizate se execută cu sculă diamantată cu diametrul 250 . . . 350 mm.

Parametrii sculei:
— materialul de bază . . . oțel;
— liantul . . . . metalic M7;
— granulația . . . . . . D 64;
— viteza periferică . . . . . 12 . . . 20 m/s.

4. Pistoane placate cu bucșe din bazalt sinterizat

Bucșele s-au executat din pulbere de bazalt cu granulația 20 . . . 100 μm amestecată cu alcool polivinilic, aplicînd procedeul sinterizării pulberilor ceramice. Fluxul tehnologic de preparare a masei ceramice include operațiile de măcinare, sortare, omogenizare, dozarea fracțiilor granulometrice, amestecare, cîntărire, presare la rece, la presiuni de 100 . . . 150 kN/mm^2. Piesa presată este supusă la tratament termic la temperaturi de 900°C . . . 950°C timp de 3 . . . 5 h, după care se fac operațiile de prelucrare mecanică, control dimensional și se trece la operația de sinterizare la temperatura de 1 140 . . . 1 160°C timp de 6 h. Placarea suportului metalic cu aceste bucșe necesită respectarea strictă a fazelor:

a) Sablarea și decaparea zonei de amplasare a bucșei, umectarea ei cu rășină epoxidică românească, montarea și întărirea 24 h la temperatura ambiantă, prin polimerizare, a bucșei.

b) Controlul dimensional a subansamblului.

c) Prelucrarea prin rectificare se face cu următorii parametrii [13]:

— diametrul exterior al sculei, 200—300 mm;

— materialul abraziv, corindon.

Parametrii sculei:

— liant . . . . bachelită;

— granulația . . . . 25 . . . 16 μm;

— duritatea discului abraziv L . . . M.

Parametrii de lucru:

— viteză periferică a pietrei . 38 m/s;

— viteză periferică a bucșei . 40 m/min;

— avansul longitudinal . . . . 0,2 . . . 0,3 m/min;

— adîncimea de șlefuire . . 0,005 mm.

Răcirea se realizează cu emulsie de ulei în apă.

Performanțe:

— rugozitatea, 0,4 μm;

— cilindricitatea, 0,01 μm

Parametrii de lucru:

— viteză de translație, 0,5 . . . 1,5 m/min;

— adîncime de prelucrare, 0,005 . . . 0,01 mm.

Răcirea se realizează cu emulsie de ulei în apă.

Performanțe:

— rugozitatea $Ra=0{,}18$; $Rt=1{,}5$ μm;

— cilindricitatea = 0,01 μm.

În fig. 14.16 se dă comportarea în exploatare a pistoanelor durificate superficial prin diferite procedee.

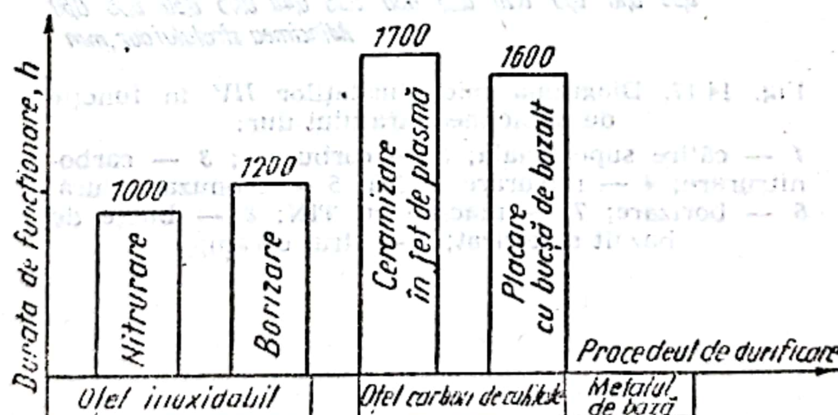


Fig. 14.16. Rezultatele testului de funcționare a pistoanelor plunger în funcție de tipurile de durificări superficiale.

Concluzii

1. Diagrama din fig. 14.17 evidențiază diferența calitativă între noile procedee tehnologice de durificare și cele convenționale.

2. Pulberile românești pe bază de alumină, zirconie și bazalt în condiții de exploatare se comportă la fel de bine ca și produsele similare din import.

3. Pulverizarea în jet de plasmă a unor straturi ceramice constituie o metodă eficace pentru protecția antitermică și anticorozivă a unor materiale refractare.

4. Costul produselor pregătite în țară este net inferior celor similare importate. Folosirea lor conduce la creșterea importantă a duratei de exploatare, scăzînd considerabil costul exploatării și întreținerii.

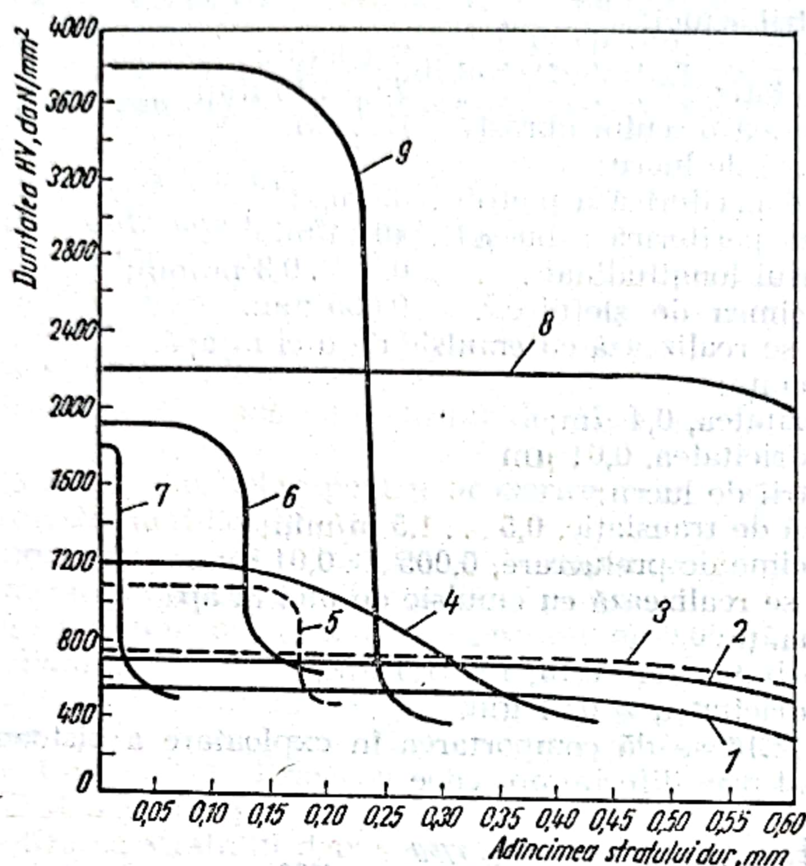


Fig. 14.17. Diagrama microdurităților *HV* în funcție de adîncimea stratului dur:

1 — călire superficială; *2* — carburare; *3* — carbonitrurare; *4* — nitrurare ionică; *5* — cromizare dură; *6* — borizare; *7* — placare cu TiN; *8* — bucșe de bazalt sinterizat; *9* — strat ceramic.

BIBLIOGRAFIE

1. VERMEȘAN, G. *Tratamente termice* (curs). Cluj-Napoca, Institutul Politehnic, 1973, pag. 20—108.
2. CONTROROVICI, I. E. *Tratamentul termic al oțelurilor și fontei.* București, Editura Tehnică, 1960, pag. 227, 243; 383; 386.
3. RADUȚ, N. ș.a. *Recondiționarea pieselor.* București, Editura Militară, 1983, pag. 46—86.

4. MARCU, V. *Metalizarea prin pulverizare*. București, Editura Academiei, 1963, pag. 300—315.
5. SORIAN, O. ș.a. *Realizări și perspective ale aplicării borurării în fabricația de utilaj petrolier*. În: Construcția de Mașini, nr. 7, 1984.
6. WECK, M. *Creșterea capacității portante a roților dințate prin niturare cu plasmă*. În: Industrie Anzeiger, nr. 13, 1983, pag. 27—31.
7. MANOLIU, V. *Cercetări privind realizarea unor straturi ceramice de zirconie parțial stabilizată destinată protecției antitermice rezistente la uzură corozivă utilizate la motoare turboreactoare*. În: Tribotehnica, vol. III, 1984, pag. 77—83.
8. NEGRIU, RADU și TUDOR, I. *Durificarea pistoanelor plunger în jet de plasmă cu pulberi ceramice românești*. În: Tribotehnica, vol. IV, 1987, pag. 75—82.
9. DIACONESCU, G. *Tehnologia mecanicii fine și microtehnicii*, vol. II. București, Editura Tehnică, 1985, pag. 23—24.
10. PERUGINI, G. *Plasma — jet aspetti foundamentali della tehnica*. În: Ceramica informatione, nr. 100, 1975, pag. 6—20.
11. MARINESCU, I. D. *Rectificarea pieselor din bazalt*. T.C.M.M., nr. 2, București, Editura Tehnică, 1987.
12. NEGRIU, RADU ș.a. Brevet R.S.R. nr. 93.336.

TM
CM

VI

INGINERIA CALITĂȚII
FIABILITATE

15

Evaluarea nivelului tehnic al produselor cu ajutorul entropiei informaţionale

Ing. *Ioan State*
Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Tractoare şi Autovehicule, Braşov

1. Introducere

Teoria informaţiei arată cum se poate folosi, într-un context probabilistic, noţiunea de entropie la caracterizarea sistemelor şi la stabilirea gradului de organizare a acestora.

Măsura cea mai cunoscută asociată aspectelor din realitate, pe care le numim informaţie, este cantitatea de informaţie, măsură asociată de Hartley şi extinsă de Shannon, în teoria transmisiunii informaţiei, şi care diferă printr-o constantă de măsură Bolzmann a entropiei, cu semn schimbat (negentropiei).

Pînă în deceniul şapte s-a dezvoltat teoria matematică a informaţiei. Ulterior, centrul de greutate al lucrărilor de teoria informaţiei s-a deplasat spre partea interpretativ-aplicativă. Ea îşi găseşte aplicaţii în cele mai neaşteptate domenii (lingvistică, biologie, calculatoare electronice, teoria sistemelor automate, radiolocaţie, genetică, telecomunicaţii, teoria măsurărilor, cibernetică şi altele).

Teoria informaţiei constituie teoria matematică a proprietăţilor generale ale surselor de informaţii şi a canalelor de transmitere a informaţiilor prin semnale corelate cu simboluri, considerată din punctul de vedere al proprietăţilor statistice ale acestora. Preocupări multiple sînt consacrate managementului modern, cuantificării fenomenelor şi proceselor supuse unui efort de conducere [3]. Un asemenea proces îl constituie evaluarea nivelului tehnic al produselor, comensurarea acestuia, compararea şi determinarea măsurii în care se deosebesc produse avînd aceeaşi valoare de întrebuinţare dar cu parametri diferiţi.

În lucrările destinate dezvoltării de noi produse, respectiv de prognoză, marketing, design, tipizare şi, în special, în cele de evaluare a nivelului tehnic al produselor, care stau la baza elaborării celor dintîi, devine imperios necesar a se preciza conţinutul noţiunii de *parametru*. Pentru aceasta se evidenţiază deosebirile de ordin semantic existente între noţiunea de *performanţă* şi de *caracteristică* a unui produs sau sistem tehnic în general.

Prin *sisteme tehnice* se înţelege orice tipuri de produse cu destinaţie şi/sau de provenienţă tehnică sau diviziunile acestora (subansambluri), precum şi orice reuniuni între astfel de subansambluri.

Performanţele sînt acei parametri prin care se pun în evidenţă competenţele sistemelor tehnice (produse, utilaje etc.) de a executa lucrările pentru care sînt concepute, respectiv de a satisface funcţiunile pentru care

sînt destinate. Performanța *de bază* a unui produs este definită de valoarea de întrebuințare: acesteia i se pot asocia performanțe *complementare*. Astfel, dacă performanța de bază a unui motor electric este puterea, performanțe complementare pot fi randamentul, factorul de putere, masa specifică ș.a. La un tractor, a cărui valoare de întrebuințare este definită de forța de tracțiune, performanțe complementare pot fi considerate viteza de deplasare, consumul de combustibil, masa specifică, capacitatea de ridicare la punctele de prindere a utilajului pe tractor.

Caracteristicile tehnice oferă informații asupra unor dimensiuni fizice ale utilajelor. Astfel gabaritul, ecartamentul, înălțimea, volumul, frecvența, tensiunea etc. reflectă măsura în care produsele corespund utilizărilor sau condițiilor cărora le sînt destinate. A utiliza frecvența de 50 Hz, 60 Hz sau tensiunea de 110 V, 220 V, 380 V nu înseamnă a ne referi la o performanță, ci constituie o adaptare la rețeaua standardizată de tensiune. Ecartamentul, fie al liniei ferate, fie al unui tractor, arată că vagonul poate fi utilizat pe o linie sau alta, respectiv că tractorul este corespunzător unui gen de lucrări agricole. Gabaritul este asociat unor nevoi de transport sau depozitare.

De remarcat faptul că mărimile caracteristice oglindesc măsura în care produsele sînt standardizate sau tipizate, că acestea prezintă fluctuații temporale sau locale reliefate, de regulă, prin studiile de marketing: prin urmare trebuie să răspundă nu numai nevoilor tehnice ci și cerințelor de piață.

Performanța unui produs are nu numai unitate proprie de măsură, dar și un sens de evoluție propriu, de progres. Astfel, randamentul, fiabilitatea, durabilitatea sînt în continuă creștere, pe cînd consumul specific, masele specifice sînt în continuă scădere. Performanța are un progres vădit temporal, exprimabil prin rata progresului tehnic.

Stabilirea sistemului de indicatori, de parametri, este o condiție în abordarea problemelor de prognoză a dezvoltării produselor și de evaluare a nivelului tehnic, dar nu suficientă.

O problemă destul de dificilă ce se cere rezolvată este și alegerea celei mai corespunzătoare metode de calcul și analiză a nivelului tehnic al produselor. Metodele cunoscute în evaluarea nivelului tehnic operează cu mărimi absolute asupra parametrilor produselor. Cum acestea au valori dimensionale diferite, agregarea lor conduce la indici arbitrari, fără o dimensiune, o unitate de măsură specifică.

Existența unei analogii între sistemul de transmitere a informației și un sistem de evaluare a nivelului tehnic permite aplicarea metodelor cibernetice de analiză la sistemele tehnice, ceea ce creează premise pentru deschiderea unei largi perspective de investigații și cercetări în acest domeniu [8]. Problema evaluării nivelului, a cuantificării gradului de organizare al produselor, se situează între cele mai actuale și interesante subiecte de cercetare.

Convertirea mărimilor parametrice din unități dimensionale în mărimi informaționale, avînd unitate de măsură *bitul*, permite obținerea unui indicator agregat (informațional) ca măsură unitară a nivelului tehnic al unui produs.

Ideea de bază a teoriei informației constă în aceea că ceea ce se definește prin cantitatea de informație — care reprezintă conținutul măsurabil al mesajului — poate fi manipulată ca oricare altă mărime fizică, de exemplu energia. În fond, teoria informației arată cum se poate

folosi noţiunea de probabilitate la caracterizarea stărilor entropice ale sistemelor şi la stabilirea gradului lor de organizare.

Se poate spune despre un sistem tehnic că este definit dacă se cunoaşte pentru fiecare produs mulţimea parametrilor (alfabetul sursei de informaţie), precum şi probabilităţile condiţionate ale rezultatelor de analiză faţă de conţinuturile adevărate, respectiv valorile parametrilor produselor supuse evaluării şi valorilor parametrilor de referinţă în raport cu care se stabilesc nedeterminările (probabilităţile).

Numai printr-o delimitare precisă a valorilor parametrice, în urma unor cercetări analitice adecvate asupra performanţelor şi caracteristicilor, rezultatele de analiză a evaluării nivelului tehnic nu vor îngloba erori cauzate de fenomenele de interferenţă şi interinfluenţă (efecte de matrice).

Ca urmare a acţiunilor „perturbaţiilor" (prin analogie cu perturbaţiile în canalul de transmitere a informaţiei), faţă de un produs de referinţă — perturbaţii determinate de soluţii constructive diferite, calitatea materialelor utilizate, a tehnologiilor, a execuţiei etc. — se obţine o multitudine de valori parametrice specifice unui produs sau altuia. Pentru a se cunoaşte valoarea perturbaţiilor în procesul de evaluare a nivelului tehnic trebuie să cunoaştem probabilităţile condiţionate ale parametrilor produselor de analizat faţă de valorile parametrilor produsului de referinţă.

2. Evaluarea informaţiei şi entropia informaţională

Pornind de la faptul că noţiunea de *informaţie* are strînse relaţii cu alte noţiuni cum sînt ordine, organizare, structură etc., gradul de organizare al unui sistem se poate determina relativ uşor prin folosirea unor expresii din teoria informaţiei. Această teorie poate fi utilă pentru a cuantifica ordinea şi specificitatea structurilor sistemelor.

Schimbarea structurii unui sistem, în sensul perfecţionării, furnizează o anumită cantitate de informaţie. Se ştie că informaţia primită trebuie să înlăture o anumită nedeterminare. Legătura dintre informaţie şi nedeterminare face posibilă calcularea cantităţii de informaţie dintr-un sistem, pe baza calculului probabilităţilor.

Examinînd relaţia dintre măsura Shannon a cantităţii de informaţie a unui sistem şi entropia sa, se poate spune că una este egală cu cealaltă luată cu semn schimbat sau, altfel exprimat, cantitatea de informaţie dintr-un sistem este măsura organizării lui, iar entropia este măsura dezorganizării acestuia.

Întrucît în cazul general evenimentele posedă probabilităţi diferite, pentru evaluarea informaţiei medii referitoare la sistemul de evenimente x_i se recurge la medierea valorilor obţinute în fiecare eveniment, adică

$$H(X)=M[X(x_i)]=-\sum_{i=1}^{n}p(x_i)\log p(x_i) \qquad (1)$$

Această măsură a cantităţii de informaţie, prin analogie cu o mărime similară din termodinamică, se numeşte *entropia cîmpului finit de evenimente.*

Nivelul tehnic al unui produs exprimă locul pe care îl ocupă acesta în ierarhia produselor interşanjabile ca scop tehnic. Compararea produ-

sului se face fie în raport cu un altul, fie cu unul idealizat sau avînd performanțe determinate ca o medie statistică a performanțelor aparținînd mai multor produse.

Performanțele dispun de două stări: de realizare sau nerealizare, cu probabilitățile p și q astfel ca $p+q=1$, ceea ce transformă relația (1) în

$$H(p, 1-p)=-p \log p-(1-p) \log (1-p) \qquad (2)$$

După cum se preferă lucrul cu logaritmi (în baza 2, naturali sau zecimali) se folosește drept unitate de măsură bit, nit, dit, între care există relațiile:

$$1 \text{ bit}={}^{1}/1{,}44 \text{ nit}={}^{1}/3{,}32 \text{ dit}$$

Calculele, ca și expresia grafică prezentată în fig. 15.1, a relației (2), ilustrează faptul că pe măsură ce ne depărtăm de valorile 0 sau 1 ale probabilităților creșterea entropiei este relativ mică cu variația probabilității, astfel că în calculul negentropiei rezultatele puțin probabile pot fi eliminate.

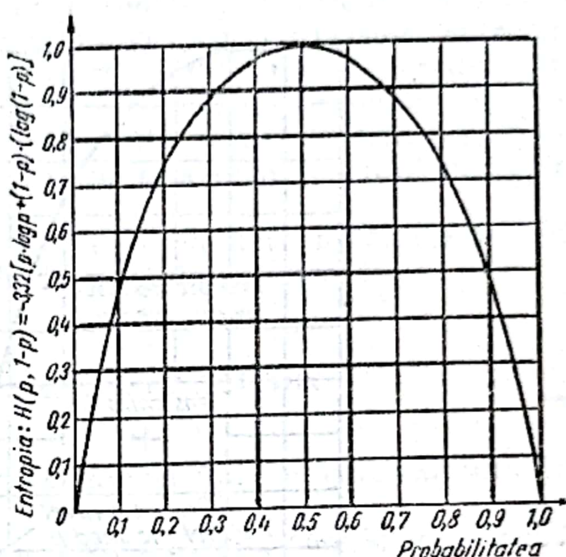


Fig. 15.1. Reprezentarea grafică a valorii entropiei în funcție de probabilitate.

Așadar, noțiunea de entropie are valoarea metodologică deoarece permite caracterizarea cantitativă a proprietăților informaționale ale performanțelor produselor, ale sistemelor tehnice în general. Rezultă că teoria informației poate fi utilizată ca instrument de analiză a specificității și complexității structurii produselor, oferind astfel posibilitatea exprimării cantitative și ordonarea particulară a structurilor, respectiv pentru evaluarea nivelului tehnic.

Din punctul de vedere al evaluării nivelului tehnic sînt suficiente numai unele din proprietățile entropiei, proprietăți tratate în literatura matematică și de teoria informației. Vom reține următoarele:

1. Entropia este o funcție continuă în raport cu fiecare variabilă p_i în intervalul semiînchis (0, 1].

2. Entropia este o funcție simetrică în raport cu toate variabilele p_i.

3. Entropia informațională este întotdeauna nenegativă sau nulă. Această proprietate semnifică prezența unui anumit grad de dezorganizare provenită din existența obiectivă a unei probabilități de abatere a unei mărimi parametrice a unui produs față de aceeași mărime a altui produs, sau de media unui grup de produse cu care se compară. Probabilitatea de-a se depărta o mărime parametrică x_{ij} de o stare de referință x_{0i}, se determină prin raportul $q=(x_{0i}-x_{ij})/x_{0i}$.

Admițînd performanța putere, pentru un produs avînd 43 kW, probabilitatea de nerealizare (insucces) față de un produs similar avînd însă 45 kW, este $q=(45-43)/45=0{,}0444$. Probabilitatea de realizare este $p=1-q=0{,}9556$. Cunoscînd valoarea probabilităților, de realizare p și de nerealizare q, se poate determina cu ajutorul relației (2) valoarea entropiei parametrului (putere, spre exemplu). În cazul în care puterea produsului analizat este 47 kW, valoarea absolută a probabilității de realizare

este de asemenea $q=0{,}0444$, însă sensul este negativ. Întrucît entropia este întotdeauna nenegativă, pentru probabilitatea q vom reține valoarea absolută, iar pentru p, valoarea rezultată $p=1-|q|$. Astfel, probabilitățile sînt pozitive și lor li se pot asocia entropii. Pentru a se evidenția sensul dezorganizării, respectiv al abaterii față de valoarea de referință, convenim a asocia entropiilor un sens similar celui sugerat de probabilitățile mai sus comentate. Astfel că, entropiile au „sens entropic pozitiv +" sau

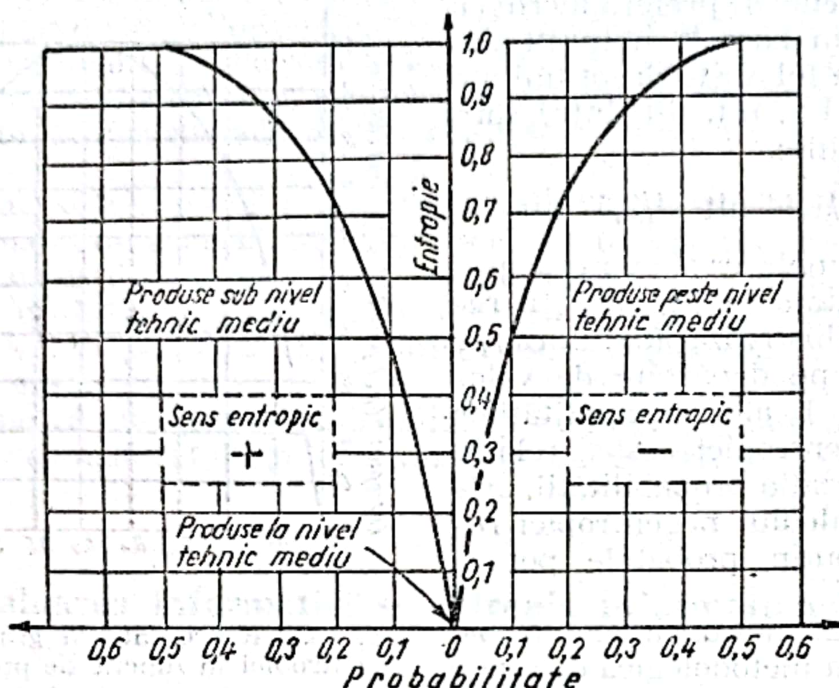


Fig. 15.2. Sensul și valoarea entropică în funcție de probabilitate.

„sens entropic negativ —", după cum reflectă un nivel sub sau peste o valoare de referință. În exemplul precedent $H^+=H^-=0{,}0789$.

În fig. 15.2 sînt prezentate sensul și valoarea entropică funcție de probabilitate.

4. Entropia este nulă atunci, și numai atunci, cînd una din probabilități este 1 iar cealaltă zero. În acest caz analiza nu conține nici un fel de nedeterminare, rezultatul analizei fiind un eveniment cert. Practic acest lucru ilustrează identitatea parametrilor produsului analizat cu cel de referință.

Adesea, cînd se analizează produse tipizate, o serie de parametri sînt identici, iar entropiile aferente sînt nule. În cazul comparării unor produse similare, unificate, entropia produsului, obținută prin însumarea entropiilor parametrilor, este de asemenea nulă, situație în care produsul este „organizat", practic identic cu cel de referință.

5. Entropia are valoare maximă cînd toate stările au aceeași probabilitate, fapt ce rezultă și intuitiv: incertitudinea medie este cea mai mare dacă stările sistemului sînt egal posibile.

Valoarea maximă a entropiei H_{max} poate servi drept etalon pentru aprecierea nivelului unei mărimi entropice concrete.

6. Două cîmpuri probabilistice finite, de forma

$$\begin{pmatrix} C, \ldots, C_n, C_{n+1} \\ p_1, \ldots, p_n, 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1, \ldots, C_n \\ p_1, \ldots, p_n \end{pmatrix}$$

au aceeași nedeterminare, adică:

$$H_{n+1}(p_1, p_2, \ldots, p_n, 0) = H_n(p_1, p_2, \ldots, p_n)$$

Această proprietate, atunci cînd se operează cu două stări, se identifică, practic, cu proprietatea 4. În analiza entropiei produselor, aceasta ilustrează faptul că absența (necunoașterea) valorii unei mărimi parametrice pentru un produs exclude din calcule parametrul respectiv. Valoarea existentă a parametrului pentru un produs apare ca „de prisos“, entropia este nulă și nu sînt denaturate cumulativ rezultatele tuturor produselor.

Entropia unui produs caracterizat de mai mulți parametri (performanțe) se obține prin agregarea entropiilor tuturor parametrilor, respectiv prin însumarea algebrică a acestora, cu asocierea sensului entropic corespunzător: $H = H^+ + H^-$.

Se consideră că, din punctul de vedere al evaluării nivelului tehnic, proprietățile prezentate, cu precizările făcute, sînt suficiente.

3. Nivelul de organizare al sistemelor tehnice

Entropia poate îndeplini, așadar, cerințele unui indicator sintetic în evaluarea nivelului tehnic, și anume:

— să înregistreze o valoare minimă cînd nivelul tehnic se situează în imediata apropiere a nivelului tehnic (mondial);

— valoarea acestui indicator depinde de măsura în care parametrii se apropie sau se depărtează de acest nivel de referință, în sensul că crește pe măsura depărtării de acesta.

Informațiile de care dispune un sistem tehnic depind în mod esențial nu numai de repartiția probabilistică a parametrilor, ci și de importanța, utilitatea, semnificația, într-un cuvînt de calitatea acestor parametri. Utilitatea unui parametru este independentă de probabilitatea obiectivă de realizare a parametrilor respectivi, un parametru cu probabilitatea mică putînd avea o pondere mare în utilitatea produsului. Utilitatea unui parametru este o noțiune subiectivă, ea depinzînd și de scopul propus, în timp ce probabilitatea de realizare a acestuia este o noțiune obiectivă.

Pentru a se ține cont și de contribuția utilităților diverșilor parametri $(i=1 \ldots n)$, se atribuie entropiilor aferente ponderi α_i, astfel ca $\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1$.

Socotind că parametrii sînt independenți, entropia totală a produsului j va fi calculată cu relația

$$H_j = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot H_i \qquad (3)$$

și ea se consideră echivalentă cu starea entropică a sistemului.

Starea entropică a unui produs, definind gradul de organizare al acestuia în raport cu altul sau cu o mulțime de produse, ilustrează nivelul tehnic.

Pentru comensurarea acestui nivel se poate apela la o serie de indicatori pe care îi prezentăm în cele ce urmează:

a) Valoarea absolută a entropiei unui produs. Cu cît această valoare este mai mare cu atît produsul se deosebește mai mult față de cel de

referință: dacă sensul entropic este negativ, produsul este mai bun decît cel de referință, iar dacă sensul entropic este pozitiv, este mai puțin bun. Un asemenea indicator este utilizabil numai în cazul în care se analizează produse similare, respectiv care să fie caracterizat prin aceiași parametri.

b) Entropia specifică, respectiv entropia totală a produsului raportată la numărul de parametri. Acest indicator permite comensurarea nivelului tehnic al unor produse similare — avînd aceeași valoare de întrebuințare — aparținînd unor clase diferite. De asemenea se poate utiliza pentru compararea unor produse pentru care nu se cunosc în totalitate parametrii reprezentativi sau cînd aceștia din urmă nu sînt identici.

Indicatorul de mai înainte ar putea fi utilizat și în compararea diverselor categorii de produse între ele, categorii caracterizate printr-o varietate largă de parametri.

Valoarea entropiei specifice rezultă, așadar, prin raportul

$$H_{sj}=H_j/n \quad (4)$$

c) Gradul de organizare, se calculează cu relația

$$G_{or\,j}=H_E/H_j \quad (5)$$

unde valoarea entropiei etalon pentru un produs H_E, se calculează admițînd o anumită probabilitate de realizare, spre exemplu $p=0{,}95$, pentru fiecare parametru, după care se aplică relația (3).

d) Redundanța produsului j rezultă din expresia

$$R_j=1-H_j/H_{max} \quad (6)$$

unde H_{max} se calculează admițînd echiprobabilitatea evenimentelor de realizare a tuturor parametrilor produselor, cu utilitățile aferente.

4. Etapele de calcul al entropiei informaționale a produselor

1. Pentru tipul de produs ce constituie obiectul analizei, se procedează la analiza parametrilor ce-l definesc, se precizează natura acestora: performanțe sau caracteristici.

2. După identificarea performanțelor, se rețin un număr de x_i $(i=1\ldots n)$ dintre cele mai reprezentative. Performanțelor li se atribuie ponderi α_i astfel încît $\sum_{i=1}^{n}\alpha_i=1$. La stabilirea ponderilor este recomandabil a se utiliza metoda consultării experților sau alte metode care să evite pe cît posibil subiectivismul.

Se analizează și precizează sensul de evoluție temporală a parametrilor: crescător sau descrescător, respectiv care anume dintre parametri trebuie să fie mai mari sau mai mici. Spre exemplu puterea, randamentul, factorul de putere și sensibilitatea au sens crescător, pe cînd consumul, masa specifică au sens descrescător: acestea din urmă cu cît sînt mai mici reflectă un nivel tehnic ridicat. Pentru prelucrarea datelor se poate apela la dispunerea tabelară și efectuarea calculelor distinct: pentru para-

metrii care contribuie la nivel tehnic ridicat prin valori cît mai mari, respectiv cît mai mici.

3. În cazul comparabilității produselor, se precizează produsul de referință. Dacă problema o constituie evaluarea nivelului tehnic se extrag produsele x_j ($j=1 \ldots m$) cunoscute pe piața mondială, a căror performanță principală (ce definește valoarea de întrebuințare) este apropiată (pînă la $10 \ldots 15\%$) de cea a produsului pe care-l analizăm.

Se extrag valorile performanțelor x_{ij} pentru fiecare produs și se înscriu în cele două tabele distincte, unul pentru parametri cu sens de evoluție crescător, altul descrescător.

4. Se calculează media aritmetică pentru mărimile parametrilor produselor de referință:

$x_{oi}=(1/n)\Sigma x_{ij}$ cu condiția $j\neq l$, adică fără contribuția produsului (l) ce se analizează; în acest mod nu sînt viciate rezultatele cu produsul analizat.

În cazul comparabilității, x_{oi} reprezintă chiar valoarea performanței produsului de referință cu care se compară.

5. Determinarea probabilității de insucces, de diferențiere față de medie, se face cu relația $q_{ij}=(x_{oi}-x_{ij})/x_{oi}$. Se pot obține trei situații care ilustrează faptul că produsul „j", în raport cu parametrii „i", se situează astfel: • la nivel mondial: $q_{ij}=0$; • sub nivel (se atribuie sens entropic pozitiv): $q_{ij}>0$; • peste nivel (se atribuie sens entropic negativ): $q_{ij}<0$.

6. Stările de realizare (de succes) rezultă din condiția $p_{ij}+q_{ij}=1$, astfel: $p_{ij}=1-q_{ij}$ pentru cazul $q_{ij}>0$; $p_{ij}=1-|q_{ij}|$ dacă $q_{ij}<0$.

7. Valoarea entropiei parametrului „i", al produsului „j", se determină cu relația $H_{ij}(p_{ij}, q_{ij})=-K(p_{ij}\log p_{ij}+q_{ij}\log q_{ij})$, unde $K=1$, la lucrul cu logaritmi în baza 2, iar $K=1{,}44$, respectiv $K=3{,}32$, după cum optăm pentru logaritmi naturali sau zecimali. Se reține sensul entropic.

8. Entropia ponderată rezultă prin considerarea utilităților, atribuindu-i-se și sens entropic:

$$H_{oij}=\pm\alpha_i\cdot H_{ij}.$$

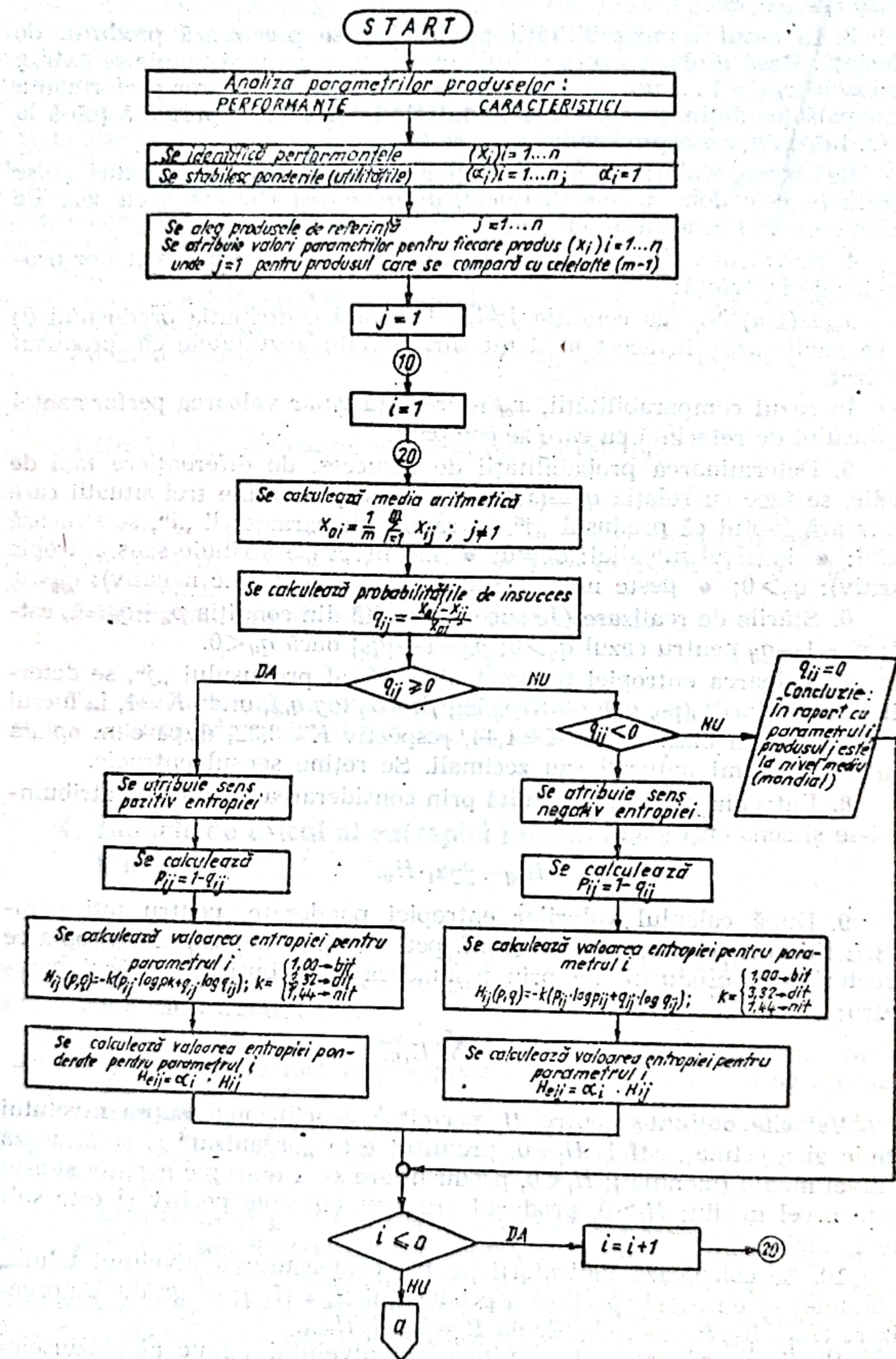
9. După calculul valorilor entropiei ponderate, pentru toți parametrii fiecărui produs în parte (conf. pct. 5—8), se determină entropia ce caracterizează produsul „j" prin însumarea contribuțiilor fiecărui parametru:

$$H_j=\sum_{i=1}^{n} H_{cij}.$$

Valorile obținute pentru H_j permit a concluziona asupra nivelului tehnic al acestuia, astfel: $H_j=0$, produsul este „organizat" și se situează la nivel mediu (mondial); $H_j<0$, produsul are sens entropic negativ și este peste nivel mediu; $H_j>0$, produsul are sens entropic pozitiv și este sub nivel mediu.

10. Se calculează indicatorii pentru comensurarea nivelului tehnic, și anume: — entropie specifică a produsului $H_{sj}=H_j/n$; — gradul de organizare $G_{orj}=H_E/H_i$; — redundența $R_j=1-H_j/H_{max}$.

12. Se acordă atribute (calificative) nivelului tehnic al produselor funcție de plaja de încadrare adoptată pentru valorile lui H_{sj}, G_{orj}, R_j și



START
Analiza parametrilor produselor :
PERFORMANȚE
CARACTERISTICI
Se identifică performanțele (Xi) i = 1...n
Se stabilesc ponderile (utilitățile) (αi) i = 1...n ; αi = 1
Se aleg produsele de referință j = 1...n
Se atribuie valori parametrilor pentru fiecare produs (xi) i = 1...n
unde j = 1 pentru produsul care se compară cu celelalte (m-1)
j = 1
10
i = 1
20
Se calculează media aritmetică
Xoi = 1/m Σ xij ; j≠1
Se calculează probabilitățile de insucces
qij = (Xoi - Xij) / Xoi
qij ≥ 0
DA
NU
qij < 0
NU
qij = 0
Concluzie:
În raport cu parametrul i produsul j este la nivel mediu (mondial)
Se atribuie sens pozitiv entropiei
Se atribuie sens negativ entropiei
Se calculează Pij = 1 - qij
Se calculează Pij = 1 - qij
Se calculează valoarea entropiei pentru parametrul i
Hij (p,q) = -k(pij·log pij + qij·log qij); k = {1,00 → bit; 3,32 → dit; 1,44 → nit}
Se calculează valoarea entropiei pentru parametrul i
Hij (p,q) = -k(pij·log pij + qij·log qij); k = {1,00 → bit; 3,32 → dit; 1,44 → nit}
Se calculează valoarea entropiei ponderate pentru parametrul i
Heij = αi · Hij
Se calculează valoarea entropiei pentru parametrul i
Heij = αi · Hij
i ≤ a
DA
i = i+1
20
NU
a

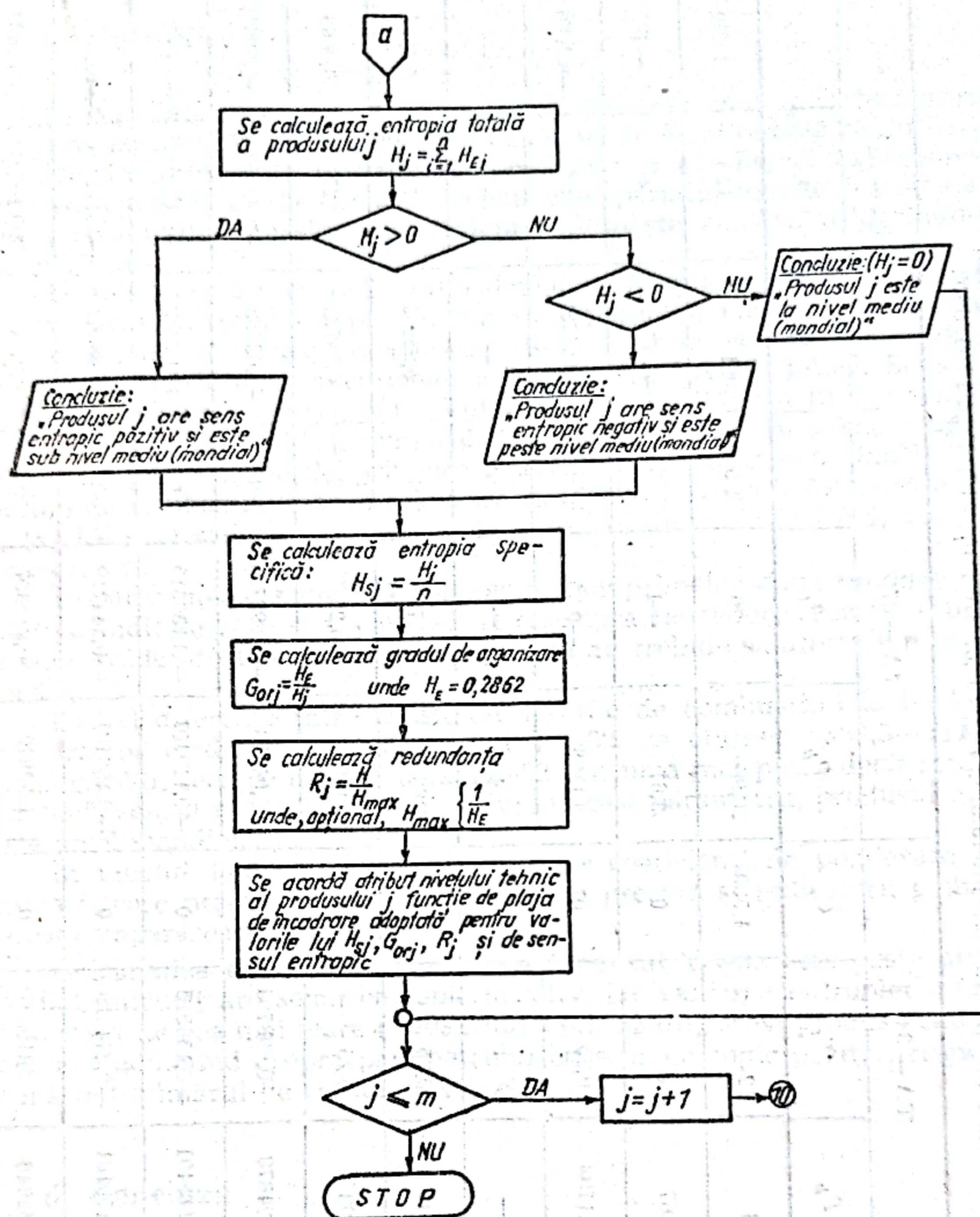


Fig. 15.3. Schema logică pentru analiza entropică a nivelului tehnic al produselor.

de sensul entropic obținut. Importantă este valoarea probabilității p funcție de care se calculează H_E. De aceea este recomandabil ca valorile lui p, definitorii pentru distribuirea nivelurilor de calitate (mediu, ridicat, scăzut ș.a.m.d.) ca și clasarea, să se facă în baza experienței obținute din analiza mai multor grupe de produse, de game și concepții diferite. Determinarea entropiei etalon, a acelora care pot reprezenta praguri, îi pot fi consacrate studii distincte.

Schema logică pentru analiza entropică a nivelului tehnic este prezentată în fig. 15.3.

Tabelul 15.1. **Calculul mărimilor aferente parametrilor cu sens de evoluție crescător**
Valori medii ale produselor mondiale: P_{bo}=30,63 kW; n_{to}=16; C_{ro}=1 500 daN.

Mărimi calculate \ Produse Parametri	TA — 34			TA — 27			TA — 32		
	P_b	n_t	C_r	P_b	n_t	C_r	P_b	n_t	C_r
Valoare nominală	34,3	12	1 500	26,96	20	1 500	32,1	12	1 900
$(P_0—P)$	—3,67	4	0	3,67	—4	0	—1,47	4	—400
$(P_0—P)/P_0$	—0,1193	0,25	0	0,1198	—0,25	0	—0,047992	0,25	—0,2666
Sens entropic	—	+	0	+	—	0	—	+	—
Prob. succes, p	0,8802	0,75	1	0,8802	0,75	1	0,95201	0,75	0,7333
Prob. insucces, $q=1—p$	0,1198	0,25	0	0,1198	0,25	0	0,04799	0,25	0,2666
$p\cdot\log p$	—0,04878	—0,093704	0	—0,04878	—0,093704	0	—0,02033	—0,093704	—0,09877
$q\cdot\log q$	—0,110401	—0,150515	0	—0,110401	—0,150515	0	—0,06329	—0,150515	—0,1531
$(p\cdot\log p+q\cdot\log q)$	—0,159181	—0,244219	0	—0,159181	—0,244219	0	—0,08362	—0,244219	—0,2518
$—3,32\ (p\cdot\log p+q\cdot\log q)$	0,52848	0,810807	0	0,52848	0,810807	0	0,27762	0,810807	0,83623

5. Aplicaţie

În cele ce urmează se procedează la efectuarea unei aplicaţii pentru tractoare, cu prezentarea tabelară a calculelor. Se menţionează că, în baza metodologiei prezentate în capitolul precedent şi a schemei logice anexate, s-a elaborat un program de calcul care permite luarea în considerare a mai multor produse şi, desigur, înlesneşte analiza, asigurîndu-i operativitatea.

În tabelele 15.1 şi 15.2 sînt calculate mărimile ajutătoare pentru determinarea entropiilor informaţionale ale parametrilor cu sens de evoluţie crescător, respectiv descrescător. S-au avut în vedere trei modele de tractoare agricole, convenţional notate TA-34, TA-27, TA 32. Sens de evoluţie crescător, expresie a tendinţei spre îmbunătăţirea performanţei, au putere la bară P_o [kW], numărul de trepte de viteze n_t şi capacitatea de ridicare la punctele de prindere a utilajului pe tractor C_r [daN]. Un consum de combustibil specific la bară c_b [g/kWh], o masă specifică mică m_p [kg/kW] reflectă un produs mai bun, sensul de evoluţie fiind, aşadar, descrescător.

Valoarea medie mondială a parametrilor primelor două produse s-a notat cu indicele zero şi s-a prezentat deasupra tabelelor; aceasta, întrucît s-a considerat că cel de-al treilea produs nu trebuie să afecteze nivelul mondial.

Făcînd diferenţa între consumul specific de combustibil la bară al unui tractor modern şi al tractorului TA-32, se obţine: 328,5—312= =16,5 g/kWh, ceea ce înseamnă că TA-32 consumă mai puţin decît media mondială, sensul entropiei este negativ: la acest parametru, produsul este peste nivel mondial.

În tabelul 15.3, după convenirea unor coeficienţi de ponderare α_i, pentru fiecare produs se determină entropia precum şi indicatorii globali pentru compararea produselor.

Din analiza rezultatelor rezultă că produsul TA-32 este peste nivel mondial, întrucît are semn entropic negativ, iar valoarea entropiei informaţionale este cea mai mare (0,40927061 > 0,1352 dit) acest produs poate fi ameliorat acţionînd asupra parametrului cu sens entropic pozitiv, respectiv mărind numărul de trepte de viteză.

6. Concluzii

Pornind de la faptul unanim recunoscut că eficienţa unui proces de producţie depinde de calitatea deciziilor care se iau, ne pronunţăm în favoarea unei strînse legături între calitatea deciziilor privind dezvoltarea de produse şi cunoaşterea nivelului tehnic, ca şi între acesta şi mărimea entropiei. Apelînd la o serie de premise, se demonstrează că măsura entropică este unică, abstracţie făcînd de o constantă multiplicativă, arbitrară, pozitivă, care ne oferă libertatea alegerii unei baze convenabile a logaritmilor care intervin în formula entropiei.

2. Metoda propusă are drept obiectiv fundamental să formuleze principiile de bază pentru calculul entropiei sistemelor tehnice, considerată ca indicator al nivelului (gradului) de organizare a sistemului respectiv în raport cu altul (sau altele). Analogia dintre sistemele de trans-

Tabelul 15.2. **Calculul mărimilor aferente parametrilor cu sens de evoluție descrescător**
Valori medii ale produselor mondiale: $c_{so}=328,5$ g/kWh; $m_{po}=113,35$ kg/kW.

Mărimi calculate \ Produse Parametri	TA—34		TA—27		TA—32	
	c_s	m_p	c_s	m_p	c_s	m_p
Valoare nominală	329	108,8	328	117,9	312	89,7
$P_0—P$	—0,5	4,55	0,5	—4,55	16,5	23,65
$(P_0—P)/P_0$	$—1,52\cdot10^{3}$	0,04014	$1,52\cdot10^{-3}$	—0,04014	0,5022	0,20864
Sens entropic	+	—	—	+	—	—
Prob. succes, p	0,99847	0,9598	0,99847	0,9598	0,94978	0,7936
Prob. insucces, $q=1—p$	$1,522\cdot10^{-3}$	0,04014	$1,522\cdot10^{-3}$	0,04014	0,05022	0,20864
$p\cdot\log p$	$—6,605\cdot10^{-4}$	0,0171	$—6,605\cdot10^{-4}$	0,0171	—0,02125	—0,079676
$q\cdot\log q$	$—4,288\cdot10^{-3}$	0,05605	$—4,288\cdot10^{-3}$	—0,05605	—0,06524	—0,14200
$(p\cdot\log p+q\cdot\log q$	$—4,948\cdot10^{-3}$	0,073152	$—4,98\cdot10^{-3}$	—0,07312	—0,08693	—0,22167
$—3,32\ (p\cdot\log p+q\cdot\log q)$	0,01643	0,24286	0,01643	0,24286	0,2886	0,73596

Tabelul 15.3. **Calculul entropiei totale şi specifice**

Produse / Mărimi — Mărimi parametrice	Coef. de ponde-rare α_i	TA — 34			TA — 27			TA — 32		
		H_i	sens en-tro-pic	$\alpha_i \cdot H_i$	H_i	sens en-tro-pic	$\alpha_i \cdot H_i$	H_i	sens en-tro-pic	$\alpha_i \cdot H_i$
Putere la bară, P_b	0,22	0,5284	—	0,116248	0,52848	+	0,116248	0,2776	—	0,061072
Număr de trepte, n_t	0,06	0,810807	—	0,048648	0,810807	+	0,048648	0,810807	—	0,048648
Capacitate ridicare, C_r	0,10	0	—	0	0	0	0	0,83623	—	0,083623
Consum specific, c_s	0,32	0,01643	—	$5{,}25 \cdot 10^{-3}$	0,01643	+	$5{,}25 \cdot 10^{-3}$	0,2886	—	0,0923
Masă specifică, m_p	0,30	0,24296	+	0,07285	0,24286	+	0,07285	0,73596	—	0,22078
Entropia produsului:										
$H_j = \sum_i^n \alpha_i \cdot H_i$			+	0,1352		—	0,1352		—	0,40927
Entropia specifică:										
$H_{sj} = \frac{H_t}{n}$			0	0,02704		—	0,02704		+	0,081828

misiune a informaţiei şi sistemul de evaluare a nivelului tehnic al produselor ne îndreptăţeşte în a utiliza conceptul de entropie — starea entropică —, prin definiţie, fiind o proprietate naturală a structurii interne, utilă în compararea nivelului tehnic al produselor.

3. Coordonarea acţiunilor de modernizare şi de dezvoltare de noi produse trebuie concepută în aşa fel încît gradul de nedeterminare să fie minim, respectiv valorile entropice ale produsului să tindă către zero şi, de preferat, să fie în sens negativ.

4. Metoda are o mare universalitate: se poate aplica la orice sistem tehnic (categorie de produse). Practic, nu există impedimente pentru aplicarea metodei, analiza stărilor entropice permiţînd comparabilitatea între diverse sisteme/produse şi între clasele acestora.

5. Metoda permite analiza calităţii produselor ţinînd cont şi de utilitatea (ponderea) parametrilor acestora.

6. Cu ajutorul metodei elaborate se pot evidenţia resursele de ridicare a nivelului tehnic al produselor, inclusiv cele legate de standardizare şi tipizare, care, pe alte căi, nu pot fi cuantificate; se analizează în acest scop sensul şi valoarea entropiei. Apare evidentă necesitatea stabilirii unor criterii obiective de ierarhizare a nivelului tehnic al produselor, respectiv definirea unor intervale de valori pentru entropia specifică, gradul de organizare şi redundanţă. Din datele existente în industria noastră sau în străinătate, se pot stabili entropii standard (etalon) pentru diverse nivele.

7. Metoda, sub forma unui algoritm adecvat, este susceptibilă de a fi utilizată apelînd la sisteme de prelucrare automată a datelor.

BIBLIOGRAFIE

1. BÎRLEA, ŞT. *Iniţiere în cibernetica sistemelor industriale*. Bucureşti, Editura Tehnică, 1975.
2. GUIAŞU, S., TEODORESCU, R. *Teoria matematică a informaţiei*. Bucureşti, Editura Academiei R.S.R., 1966.
3. MÂNESCU, M. *Cibernetica economică*. Bucureşti, Editura Academiei R.S.R., 1979.
4. NICOLAU, ED. ş.a. *Introducere în cibernetica sistemelor discrete*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1966.
5. ONICESCU, O., ŞTEFĂNESCU, V. *Elemente de statistică informaţională cu aplicaţii*. Bucureşti, Editura Tehnică, 1979.
6. SPATARU, AL. *Teoria transmisiei informaţiei*. Bucureşti, Editura Didactică şi Pedagogică, 1983.
7. STATE, I. *Precizări privind natura parametrilor produselor: performanţe şi caracteristici*. În buletinul sesiunii „Creaţia tehnică şi fiabilitatea în construcţia de maşini", Iaşi, 1985.
8. STATE, I. *Analogie între sistemele de transmitere a informaţiei şi sistemul de evaluare a nivelului tehnic*. În buletinul sesiunii „Tehnium 2000", Timişoara, 1988.

16

Determinarea comparativă a fiabilității burghielor elicoidale frezate și extrudate

Dr. ing. *Gageonea Elena*
Universitatea Brașov

Stabilirea fiabilității unui produs implică analiza factorilor care o determină, a cauzelor defecțiunilor și evaluarea ei cantitativă. Factorii determinanți ai fiabilității, cunoscuți din literatura de specialitate, sînt: rezistența la uzură, rezistența la rupere, rezistența la șoc termic, rezistența la oboseală.

1. Generalități

Din cercetările întreprinse în acest domeniu s-a ajuns la constatarea că de-a lungul vieții unui produs există în mod logic două perioade:

— o perioadă în care produsele se defectează „inexplicabil", deoarece uzura lor este nesemnificativă și materialul nu a atins limita de oboseală; această perioadă este numită perioada defectărilor accidentale;

— o perioadă în care defectările sînt cauzate de uzură.

Notînd cu R_a fiabilitatea dată de defectările accidentale și cu R_u fiabilitate dată de uzură, la un moment dat, fiabilitatea produsului va fi [2]:

$$R_t=R_aR_u. \quad (1)$$

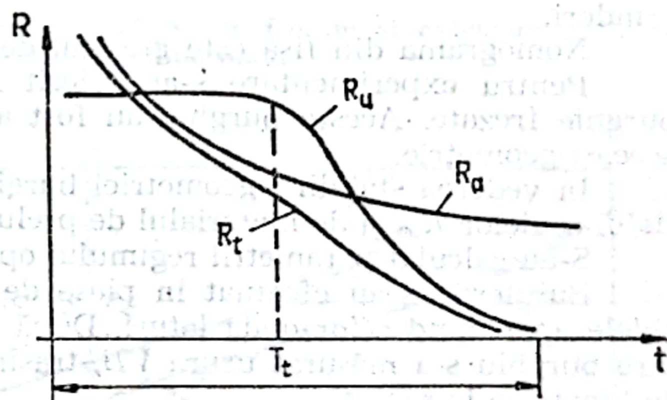


Fig. 16.1. Fiabilitatea unui produs în funcție de timp.

Deoarece defectările accidentele nu sînt dependente de factorul timp, intensitatea de defectare în perioada inițială, din necesitatea elaborării unei relații de calcul, se poate considera, în urma unor calcule statistice, constantă. Ca atare fiabilitatea produsului va fi dată de relația:

$$R_t=e^{-\lambda t}-R_u. \quad (2)$$

Cercetările, privind determinarea fiabilității operaționale [2], au evidențiat oportunitatea aplicării distribuției de tip Weibull pentru fiabilitatea R_u dată de uzură (cu parametrul dispersiei cuprins între 3,1 și 3,2). Aceasta înseamnă că practic R_u este o distribuție normală (fig. 16.1).

Din fig. 16.1, în care se dau curbele R_a și R_u precum și curba produs R_t, rezultă că în prima parte defectările accidentale au un caracter

exponențial, pentru ca, în următoarea parte, să aibă aspectul specific domeniului de uzură.

Folosind funcțiile de fiabilitate determinate pot fi stabiliți indicii fiabilității operaționale, indici pe care îi grupăm în următoarele categorii: a) indici legați de timpul efectiv de funcționare: timpul de funcționare pînă la prima reascuțire (în unități de timp, în lungime așchiată, în număr de produse prelucrate); timpul de funcționare între două reascuțiri; timpul total de funcționare.

Indicele de disponibilitate al burghiului calculat cu relația [3]:

$$ID = \frac{\text{timp de funcționare efectivă}}{\text{timp total de funcționare}}. \tag{3}$$

b) indici legați de remedierea burghielor: timpul mediu necesar pentru o reascuțire; numărul total de reascuțiri în timpul total de funcționare.

Indicele de remediere al burghiului calculat cu relația [3]:

$$IR = \frac{\text{timpul pentru remedieri}}{\text{timpul total de funcționare}}. \tag{4}$$

Cei doi indici dați de relațiile (3) și (4) sînt complementari, fiind legați prin relația [3]:

$$ID = 1 - IR. \tag{5}$$

În vederea obținerii de date necesare calculului indicatorilor de fiabilitate s-a întocmit o fișă-nomogramă.

2. Metodica de cercetare

Cu ajutorul fișei-nomograme se pot înregistra și prelucra operativ datele de fiabilitate furnizate de secțiile de prelucrare ale marilor întreprinderi.

Nomograma din fișă este graficul de liniarizare al legii lui Weibull.

Pentru experimentare s-au folosit loturi de burghie extrudate și burghie frezate. Aceste burghie au fost ascuțite în așa fel încît să aibe aceeași geometrie.

În vederea stabilirii geometriei burghielor s-a ținut seama de materialul sculelor R_{p3} și de materialul de prelucrat 30 MoCrNi 20.

S-au calculat parametrii regimului optim de așchiere.

Burgierile s-au efectuat în piese de aceeași lungime cu toate burghiele aparținînd celor două loturi. După fiecare burghiere și pentru fiecare burghiu s-a măsurat uzura VB, trasîndu-se curbele uzurii în funcție de lungimea burghiată.

Ele s-au oprit după depășirea uzurii admisibile sau după producerea altei defectări.

Astfel s-a determinat lungimea burghiată, corespunzătoare uzurii admisibile.

Timpul corespunzător obținerii acestei uzuri s-a calculat cu relația:

$$\tau = L/ns \text{[min]}, \tag{6}$$

unde: L este lungimea burghiată determinată experimental, mm; n — turația utilizată a mașinii unelte, rot/min; s — avansul de așchiere, mm/rot.

Fiecare lot de burghie a fost reascuțit de patru ori.

Reascuțirea s-a efectuat pe o mașină de ascuțit Prekales (U.R.S.S.), ceea ce a permis obținerea aceleiași geometrii.

Indicatorii de fiabilitate au fost determinați folosind metoda grafică.

3. Prelucrarea datelor experimentale

Diagramele ridicate au fost construite la scară, astfel încît a fost posibilă determinarea timpului apariţiei uzurii admisibile sau a unei defectări accidentale pentru fiecare burghiu aparţinînd loturilor studiate (Fig. 16.1, 16.2, 16.3, 16.4, 16.5 şi 16.6).

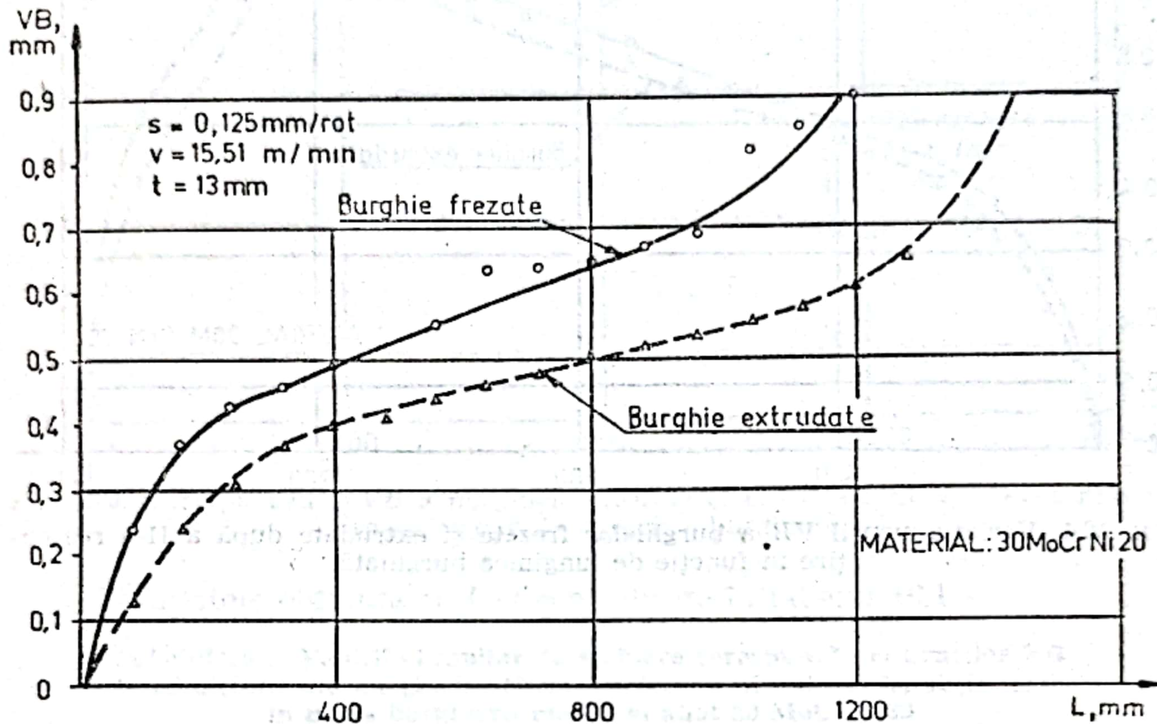


Fig. 16.2. Variaţia uzurii VB a burghielor elicoidale frezate şi extrudate, noi, în funcţie de lungimea burghiată.

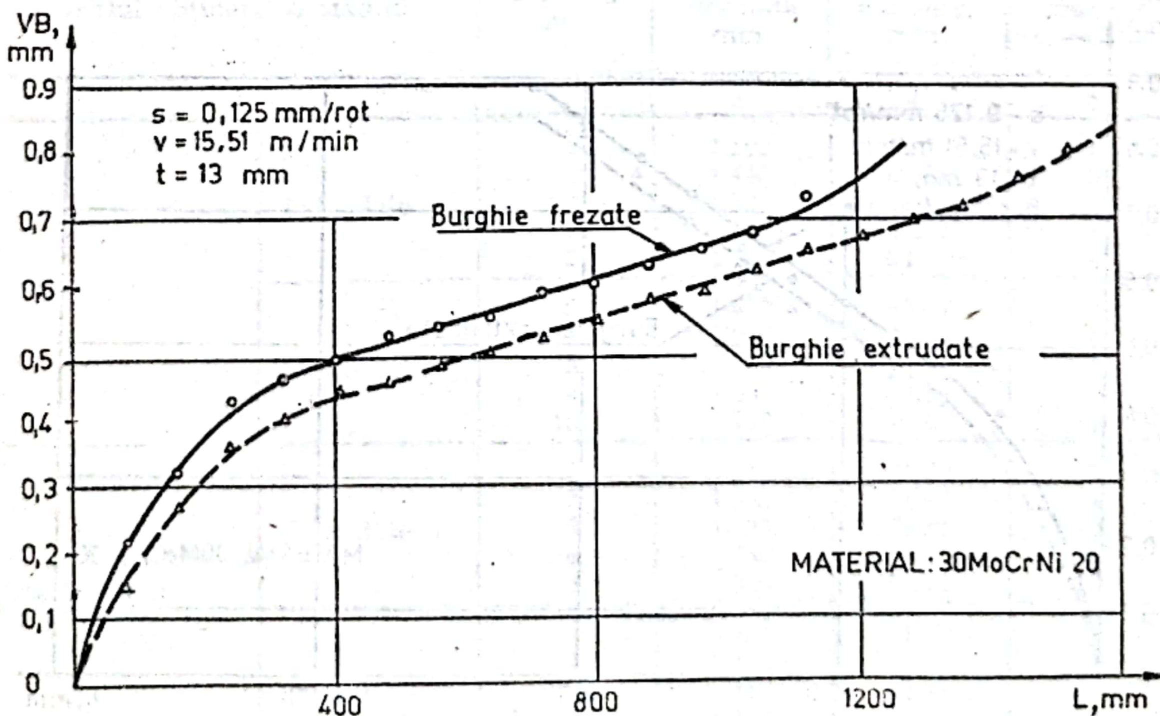


Fig. 16.3. Variaţia uzurii $V\dot{B}$ a burghielor frezate şi extrudate după reascuţirea întîia în funcţie de lungimea burghiată.

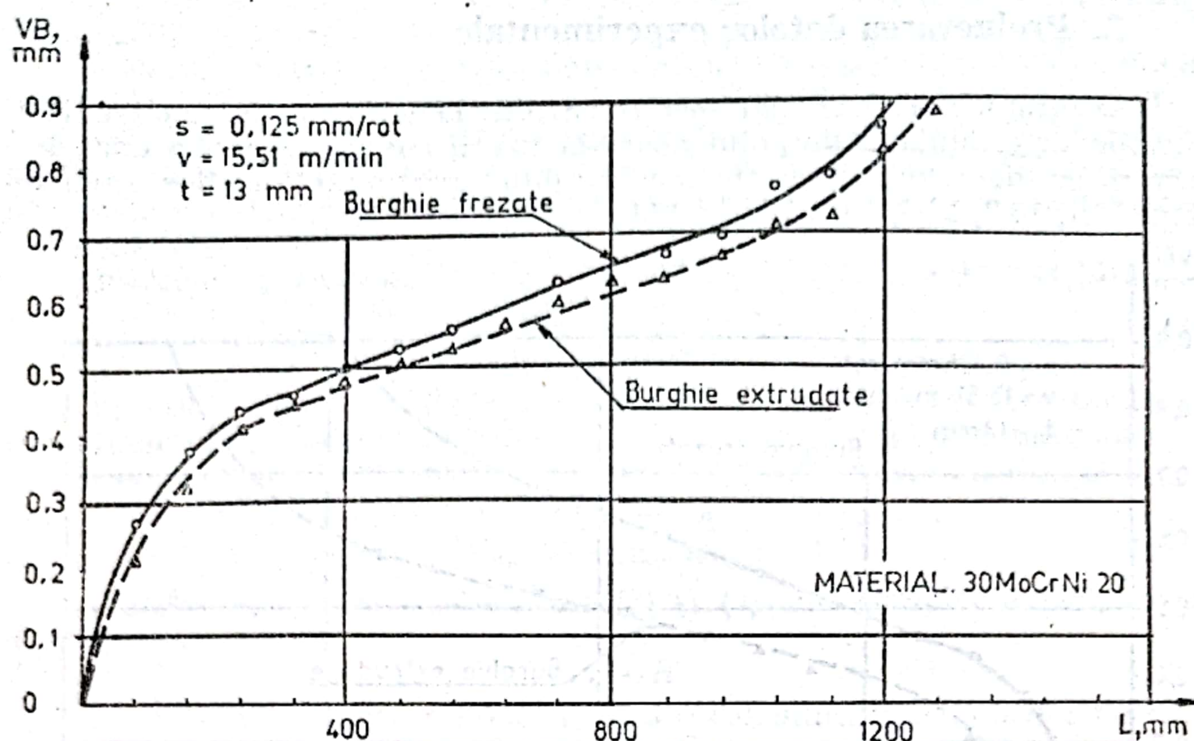


Fig. 16.4. Variaţia uzurii *VB* a burghielor frezate şi extrudate după a II-a reascuţire în funcţie de lungimea burghiată.

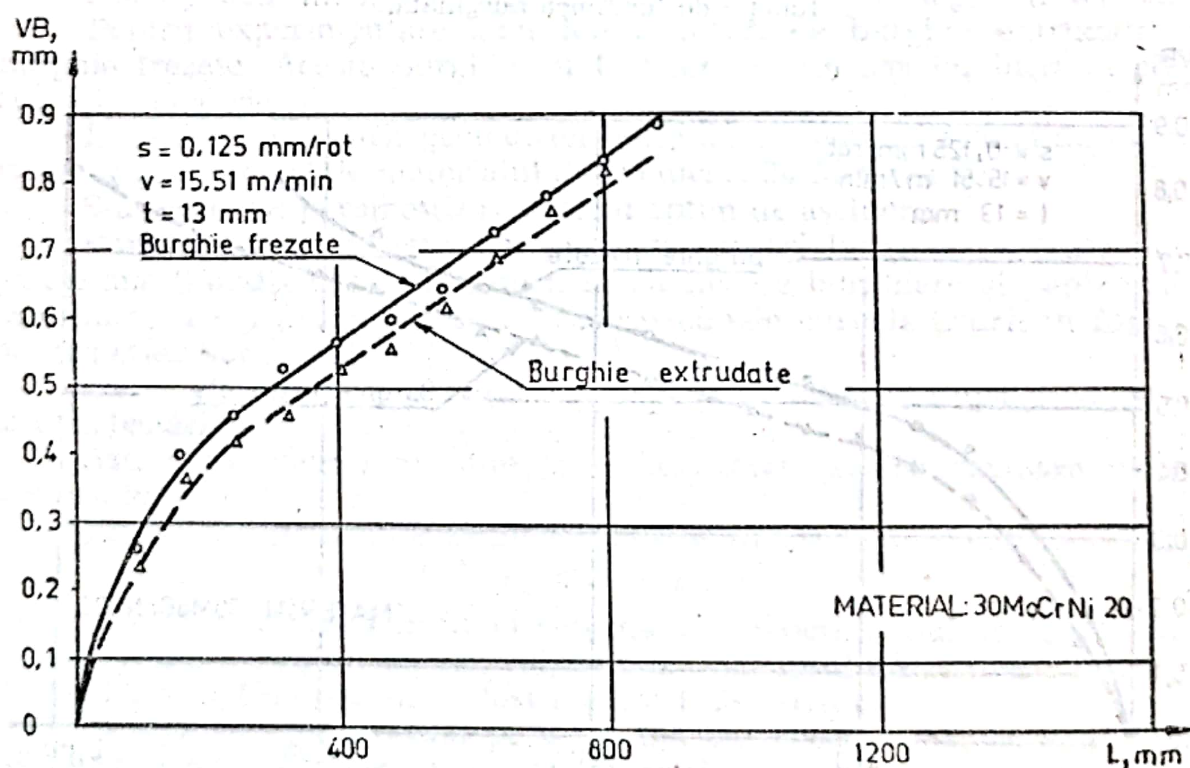


Fig. 16.5. Variaţia uzurii, *VB* a burghielor frezate şi extrudate după a III-a reascuţire în funcţie de lungimea burghiată.

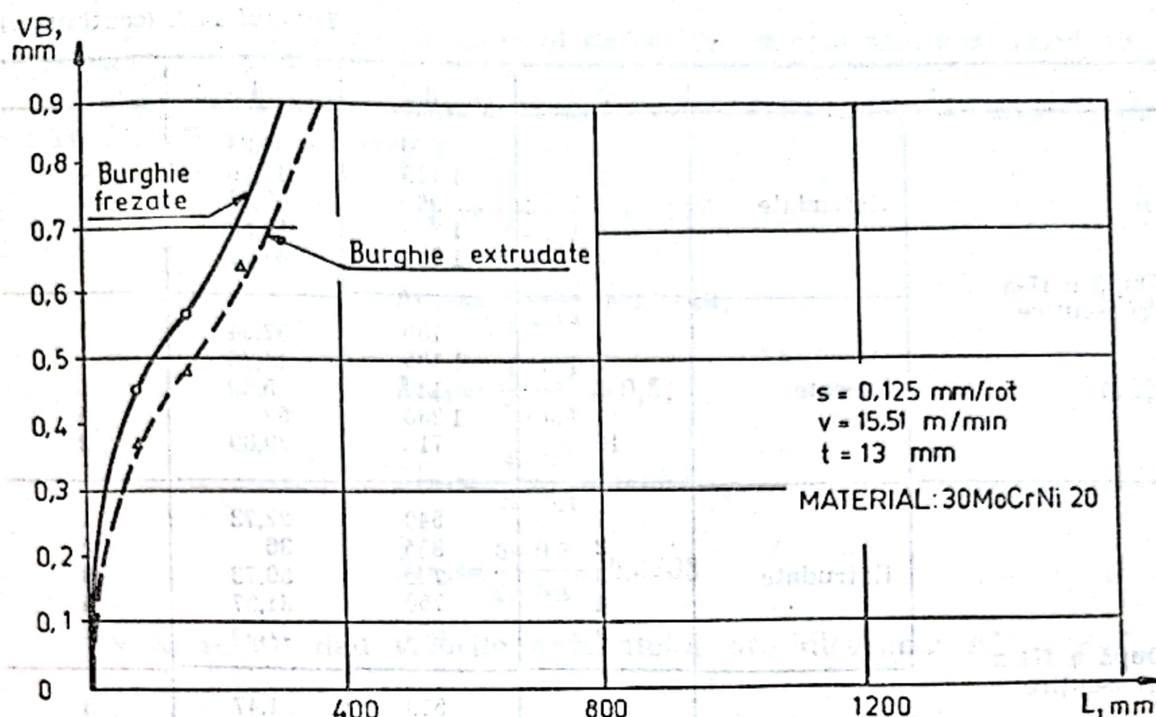


Fig. 16.6. Variația uzurii *VB* a burghielor frezate și extrudate după a IV-a reascuțire în funcție de lungimea burghiată.

Rezultatele obținute au fost centralizate în tabelul 16.1.

Tabelul 16.1. **Valorile timpilor de așchiere corespunzători uzurilor VB admisibile ale burghielor elicoidale frezate și extrudate, obținute în urma burghierii unui oțel aliat 30 MoCrNi 20**

Felul obținerii și stadiul		Burghiu nr.	Lungime burghiată, mm	Timp de așchiere, min	Timp ordonat crescător
1		2	3	4	5
Noi	Extrudate	1	1 100	46,31	1
		2	1 440	60,63	3
		3	1 330	56	2
		4	1 660	69,89	5
		5	1 520	54	4
	Frezate	6	1 070	45,05	3
		7	1 560	65,68	4
		8	535	22,52	1
		9	1 600	69,36	5
		10	970	40,84	2
După prima reascuțire	Extrudate	1	990	41,68	1
		2	1 365	57,47	4
		3	1 230	51,78	2
		4	1 530	64,42	5
		5	1 360	57,26	3
	Frezate	6	980	41,26	3
		7	1 420	59,78	4
		8	440	18,52	1
		9	1 460	61,47	5
		10	885	37,26	2

1		2	3	4	5
După a II-a reascuţire	Extrudate	1	830	34,94	1
		2	1 135	47,78	4
		3	960	40,42	2
		4	1 200	50,52	5
		5	1 010	42,52	3
	Frezate	6	780	32,84	3
		7	1 125	47,36	4
		8	140	5,89	1
		9	1 235	52	5
		10	710	29,89	2
După a III-a reascuţire	Extrudate	1	540	22,73	1
		2	855	36	5
		3	730	30,73	3
		4	750	31,57	4
		5	650	27,36	2
	Frezate	6	510	21,47	3
		7	735	30,94	4
		8	—	—	1
		9	880	37,05	5
		10	500	21,05	2
După a IV-a reascuţire	Extrudate	1	260	10,94	3
		2	285	12	4
		3	395	16,63	5
		4	260	10,94	2
		5	250	10,52	1
	Frezate	6	240	10,10	3
		7	285	12	4
		8	—	—	1
		9	350	16,42	5
		10	210	8,84	2

Utilizînd rezultatele cuprinse în tabelul 16.1 s-au construit dreptele Weibull pe nomograma Allan Plait.

Pentru a putea trasa aceste drepte s-a pus problema determinării absciselor şi ordonatelor punctelor succesive ale dreptei.

În lucrările anterioare s-a arătat că abscisele sînt valorile τ_1, τ_2 .. τ_i cînd se produce defectarea.

În cazul în care s-au considerat burghiele un eşantion dintr-o populaţie statistică, *i* se atribuie lui τ_i media rangului defectării de ordinul i:

$$M_{Ri}=n_i/N, \tag{7}$$

în care: n_i este numărul de produse care s-ar defecta pînă la momentul τ_i dacă s-ar experimenta întregul lot *n;* N — numărul produselor întregului lot.

În [6] se arată că: $M_{Ri}=\dfrac{i-0{,}3}{n+9{,}4}$, (8)

în care: i este numărul de ordine al defectării; n este numărul produselor eșantionului ales.

Ordonînd crescător timpii la care apar defectările (tabelul 17.1), pentru fiecare lot se obține:

$$M_{R1}=\frac{1-0,3}{5+0,4}=0,1296; \quad (9)$$

$$M_{R2}=\frac{2-0,3}{5+0,4}=0,3148; \quad (10)$$

$$M_{R3}=\frac{3-0,3}{5+0,4}=0,5; \quad (11)$$

$$M_{R4}=\frac{4-0,3}{5+0,4}=0,6851; \quad (12)$$

$$M_{R5}=\frac{5-0,3}{5+0.4}=0,8703. \quad (13)$$

Aceste relații dau valorile ordonatelor din diagrama Allan Plait.

4. Determinarea indicatorilor de fiabilitate

După trasarea dreptelor Weibull s-au determinat grafic valorile vieții caracteristice „a" și parametrul dispersiei „b".

Conform [4] MTBF este dată de relația

$$\text{MTBF}=a\,\Gamma\ (I \ldots 1/b). \quad (14)$$

Rezultatele obținute, reprezentînd valorile indicatorilor de fiabilitate, au fost centralizate în tabelul 16.2.

Tabelul 16.2. **Valorile indicatorilor de fiabilitate determinați grafic**

Nr. crt.	Nr. reascuțiri	Tipul burghiului	Viața caracteristică	Parametrul dispersiei, b	(1+1)	*MTBF*
1.	Noi	Extrudate Frezate	62 53	4,8 2,49	0,91714 0,88722	56,86 47,02
2.	După prima reascuțire	Extrudate Frezate	57 48	4,6 2,4	0,914 0,88648	52,09 42,55
3.	După a II-a reascuțire	Extrudate Frezate	46 40,5	4,8 2,7	0,91714 0,88928	42,18 36,01
4.	După a III-a reascuțire	Extrudate Frezate	32 28,5	4,6 2,45	0,914 0,88710	29,24 25,28
5.	După a IV-a reascuțire	Extrudate Frezate	11,7 12,3	5,3 2,65	0,94203 0,88822	11,02 10,92

5. Testarea concordanţei dintre repartiţia datelor experimentale şi repartiţia teoretică a populaţiei din care au provenit

Problema esenţială a medologiilor statistico-matematice de prelucrare a datelor experimentale este determinarea modelului statistic şi verificarea concordanţei între repartiţia empirică a fenomenului luat sub observaţie şi repartiţia teoretică presupusă, adecvată fenomenului respectiv.

Un mare număr de teste de concordanţă se bazează pe utilizarea funcţiei empirice de repartiţie, calculate pe baza eşantionului $n_1, n_2 \ldots n_n$. În general, funcţia empirică de repartiţie este obţinută în urma ordonării crescătoare a valorilor observaţiilor din eşantionul iniţial şi are forma:

$$F_n(n_i) = P(N \leqslant n_i) = \begin{cases} 0, \text{ dacă } i < 0; \\ i/n, \text{ dacă } 1 < i < n-1; \\ 1, \text{ dacă } i \geqslant n. \end{cases} \quad (15)$$

Procedeul grafic constă în utilizarea nomogramelor Allan Plait pe care s-au reprezentat punctele n_i; $F_n(n_i)$ unde n_i sînt valorile din eşantionul de volum n, ordonate crescător (τ_1, τ_2, τ_3, τ_4, τ_5), iar $F_n(n_i)$ sînt valorile funcţiei empirice de repartiţie (M_{Ri}).

Testul cel mai frecvent utilizat în practică, specific funcţiilor de repartiţie cumulative continue, este testul Kolmolorov-Smirnov.

Decizia privind concordanţa dintre repartiţia empirică şi cea teoretică se va lua astfel:

— dacă $d_n \leqslant d\alpha,_n$, atunci se acceptă H_0;

— dacă $d_n \geqslant d\alpha, n$, atunci se acceptă H_1;

unde: d_n este valoarea statistică determinată cu relaţia:

$$d_n = max\ M_{Rn} - M_{Ri}, \quad (16)$$

în care: M_{Rn} este funcţia empirică de repartiţie; MR_i — funcţia teoretică de repartiţie; $d\alpha,_n$ — valoarea critică de referinţă.

Analizînd dreptele Weibull construite s-a considerat necesară aplicarea testului Kolmogarov-Smirnov pentru unele puncte.

S-a remarcat faptul că în toate cazurile $d_n \leqslant d\alpha,_n$, ceea ce permite acceptarea ipotezei H_0, deci a concordanţei dintre repartiţia teoretică şi cea empirică corespunzătoare modelului statistic propus.

6. Concluzii

Pe baza rezultatelor din tabelul 16.2 s-a construit graficul variaţiei *MTBF* în funcţie de numărul de reascuţiri pentru cele două tipuri de burghie (fig. 16.7).

Analizînd fig. 16.7 se remarcă faptul că mediile timpului de bună funcţionare, *MTBF*, corespunzătoare burghielor extrudate sînt mai mari decît cele corespunzătoare burghielor frezate.

Atît la burghiele elicoidale frezate cît şi la cele extrudate se constată o scădere a *MTBF* în funcţie de numărul de reascuţiri.

Această scădere se consideră ca rezultat al fenomenului de oboseală a burghielor după un număr de reascuţiri.

În cazul unei producţii de serie şi a utilizării liniilor tehnologice automate, cunoaşterea acestui fenomen este deosebit de importantă.

Ignorarea fenomenului de oboseală ar putea produce grave perturbaţii în ritmul liniei tehnologice.

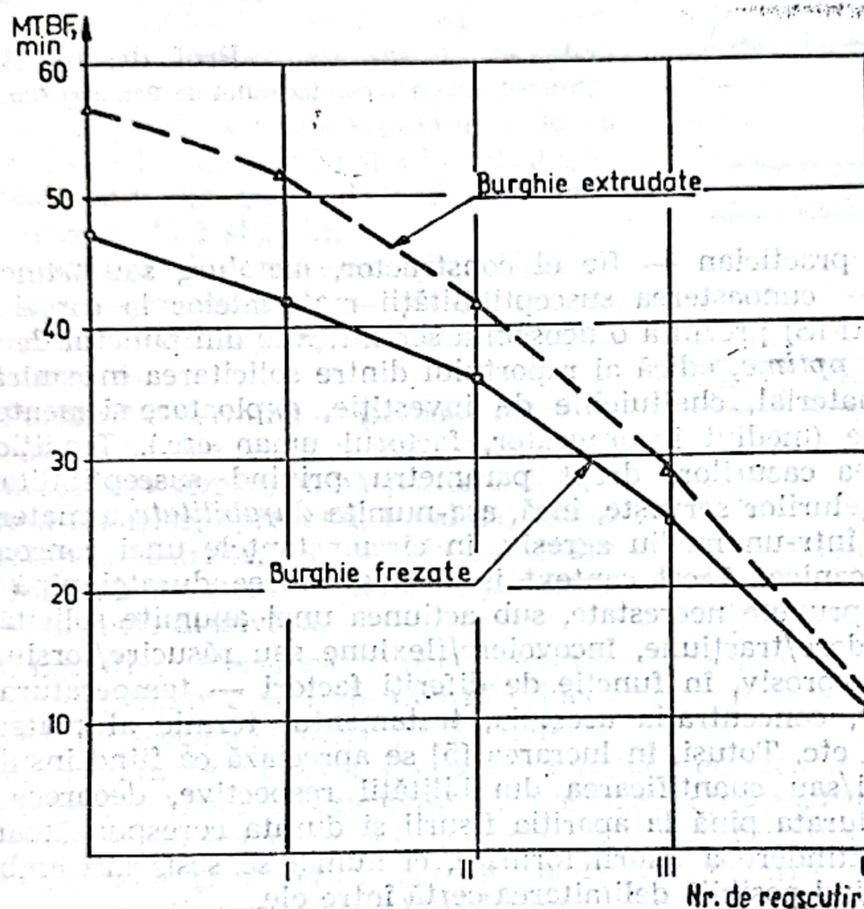


Fig. 16.7. Reprezentarea grafică a *MTBF* în funcţie de numărul de reascuţiri.

17

Coroziunea fisurantă în mecanica cedării componentelor de instalaţii tehnologice

Prof. dr. ing. *A. Pavel*
Institutul de Petrol şi Gaze Ploieşti

Pentru practician — fie el constructor, metalurg sau tehnolog de exploatare — cunoaşterea susceptibilităţii materialelor la coroziune fisurantă (CORFIS) prezintă o deosebită semnificaţie din punctul de vedere al *proiectării optime*, adică al raportului dintre solicitarea mecanică, consumul de material, cheltuielile de investiţie, exploatare şi mentenanţă, alte influenţe (mediul înconjurător, factorul uman etc.). Tradiţional şi în majoritatea cazurilor, drept parametru privind susceptibilitatea la CORFIS a oţelurilor serveşte, încă, aşa-numita *durabilitate* a materialului nominalizat, într-un mediu agresiv, în circumstanţele unei concomitente solicitări mecanice. Acest context implică stabilirea duratei pînă la *ruperea* unei epruvete necrestate, sub acţiunea unei anumite solicitări mecanice (întindere/tracţiune, încovoiere/flexiune sau răsucire/torsiune) într-un mediu corosiv, în funcţie de diferiţi factori — temperatura agentului agresiv, concentraţia acestuia, tratamentul termic al materialului pus în operă etc. Totuşi, în lucrarea [5] se apreciază ca fiind insuficientă măsurarea şi/sau cuantificarea durabilităţii respective, deoarece nu se disting net durata pînă la apariţia fisurii şi durata corespunzătoare procesului de extindere a fisurii formate, ci numai se sesizează ambele fenomene, nefiind posibilă delimitarea certă între ele.

Prin urmare, referitor la susceptibilitatea faţă de CORFIS, se impune identificarea şi, deci, definirea unui *indicator anume*, special, al materialelor, aşa cum, dintr-un alt unghi de privire, se determină limita tehnică de curgere ($\sigma_c = \sigma_{0,2} = R_{0,2}$) sau rezistenţa de rupere ($\sigma_r = R_r$). Rezolvarea acestei probleme, care nu este deloc simplă, devine posibilă prin valorificarea preceptelor moderne ale Mecanicii ruperii materialelor (Fracture mechanics), dezvoltate mult — în anii din urmă — în S.U.A., U.R.S.S., Japonia, R. F. Germania, Franţa etc.

În condiţiile exploatării tehnologice, *ruperile* sau cedările prin rupere se datoresc — în marea lor majoritate, notează Sanz [12] — *extinderii* dimensiunilor unui defect de tip *fisură* ca efect al coroziunii, respectiv al acţiunii unui mediu agresiv (CORFIS), ca efect al variabilităţii ciclice a intensităţii solicitărilor mecanice (oboseală) etc. Fenomenul este specific mai ales în cazul ruperilor care survin pentru intensităţi mici ale tensiunilor mecanice, fără prealabilă deformare plastică globală a elementului afectat (fisurat). În prezent, rolul fisurilor mici în generarea de ruperi intempestive, bruşte, brutale (brittle fracture) sau fragile, este bine evidenţiat de Mecanica ruperii, care, de altfel, calculează *lungimea critică* a defectelor începînd cu care — în circumstanţele unui efect dat

— defectele respective devin susceptibile la *propagare bruscă*. Se impune, deci, de la sine, ca fiind pe deplin logică, aplicarea și în alternativele CORFIS a conceptelor și rezultatelor studiilor fundamentale privind rezistența materialelor, elementelor, structurilor și sistemelor la propagarea bruscă a fisurilor.

Cedarea prin CORFIS parcurge următoarele trei stadii [12]:

— *stadiul 1* → formarea de *amorse* (de tipul unor ușoare punctări prin înțepare, fig. 17, *a*) la suprafața metalului, ca efect direct și inevitabil al *coroziunii neuniforme*;

— *stadiul 2* → amorsa devine o *fisură* (fig. 17.1, *b*), ale cărei dimensiuni continuă să se *extindă lent* din punct de vedere macroscopic (tabelul 17.1 și 17.2);

— *stadiul 3* → *ruperea* (fig. 17.1, *c*), cînd fisura — extinzîndu-se — atinge o anumită dimensiune (lungime), suficient de mare, numită *critică*.

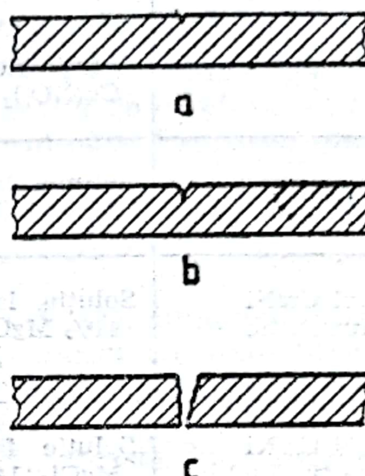


Fig. 17.1. Stadiile fracturării corosive:
a — formarea amorsei (*stadiul 1*); *b* — fisurarea, respectiv extinderea fisurii (*stadiul 2*); *c* — ruperea, respectiv fracturarea propriu-zisă (*stadiul 3*).

Parkins* determină — pe baza măsurărilor electrochimice — domeniile potențiale de fisurare și viteza maximă posibilă de extindere a fisurilor, apreciind, totodată, viteza de creștere a fisurilor, sensibile la caracterul mediului ambiant (tehnologic) și dependente de mecanismele dizolvării.

Cantitativ, Mecanica ruperii permite analizarea stadiilor *2* și *3* ale CORFIS, ideea de bază fiind aceea a studierii pe un material sau element dat, deja fisurat și pus sub sarcină mecanică, a efectului unui mediu agresiv. Astfel, devine posibilă investigarea *propagării lente* a fisurii și, în final, a *ruperii* pe o epruvetă clasică, respectiv studierea comportării elementelor și structurilor reale cu *defecte*, datorite solicitărilor ciclice, coroziunii fisurante etc. Actualmente, problema prezintă importanță deosebită, deoarece experimental s-a constatat că anumite și destul de numeroase aliaje (de titan, de tip inconel etc.), aparent insensibile la CORFIS în alternativa epruvetelor lucioase, devin foarte sensibile la aceeași acțiune distructivă dacă sînt prezente fisurile [3, 10 etc.]. Prin urmare, se va presupune de la bun început că materialul sau elementul supus la CORFIS posedă a priori cel puțin o fisură. Avînd în vedere că preceptele mecanicii ruperii sînt foarte bine aplicabile la materialele *pu-*

Tabelul 17.1. **Valori calculate privind cinetica fracturării corosive**
(După Engell [5])

Metalul	Mediul agresiv	Densitatea de curent, în A/cm^2	Viteza de extindere a fisurilor v_f, în m/s
Aluminiu	—	1	$3\cdot10^{-7}$
Fier	Acizi	50	max. $2\cdot10^{-5}$

* Numele citate în lucrare se regăsesc ca atare în vasta bibliografie a tratatului și monografiei [8].

Tabelul 17.2. **Valori constatate experimental privind cinetica fracturării corosive** (După Engell [5])

Aliajul sau metalul	Electrolitul	Viteza de fisurare mecanică v_f, în m/s	Evoluția fracturării
Fier moale	Soluție fierbîndă de 55% $Ca(NO_3)_2$	$5 \cdot 10^{-7}$	Intercristalin
Oțel moale	Soluție la fierbere de 33% NaOH, 120°C	$4 \cdot 10^{-8}$	Intercristalin
Oțel Cr/Ni austenitic	Soluție la fierbere de 42% MgCl, 144°C	Circa 10^{-6} $6 \cdot 10^{-7}$ $1 \cdot 10^{-7}$	Transcristalin
Oțel Cr/Ni de tip 18/8	Soluție fierbîndă de $MgCl_2$, 146°C	10^{-6}	Transcristalin
Aliaj Mg — — 8% Al	Soluție saturată de $KCl + K_2Cr_2O_7$, 22°C	Pînă la $2 \cdot 10^{-5}$	Transcristalin Intercristalin
Aliaje binare Al—Ti	Soluție saturată de KI, 22°C	Pînă la $1 \cdot 10^{-3}$	Transcristalin
Aliaje Al — — 2,5% Mg — — 6% Zn	Soluție saturată de KI, 22°C	Pînă la $5 \cdot 10^{-3}$	Intercristalin

țin tenace, concluziile lucrării prezente se vor referi în special la oțelurile și la alte aliaje sau elemente metalice cu rezistență mecanică (de rupere, de plesnire, de despicare etc.) corespunzător de ridicată.

1. Introducere în mecanica ruperii materialelor

Obiect și probleme. Un element, o structură și, deci, un sistem tehnic iese din serviciu atunci cînd încetează să mai corespundă scopului pentru care s-a realizat, ceea ce se poate datori:

a) modificării considerabile a configurației (formei constructive) inițiale, provocate bunăoară prin importante *deformări ireversibile* plastice sau de fluaj;

b) desetanșării corespunzătoare *fisurilor străpunse* în materialele de bază și de adaos (suduri), întotdeauna însoțite de scăpări mai mult sau mai puțin notabile, în mediul înconjurător, de substanțe periculoase — nocive, inflamabile, explozive etc.

c) avarierii, autoavarierii sau distrugerii intempestive, mai mult sau mai puţin brutale, a sistemului însuşi, generate de o anumită *stare defectologică evolutivă* în timp.

În calculele inginereşti clasice, tradiţionale, atenţia cea mai mare şi, deci, prioritatea se acordă primei alternative, în baza căreia s-ar putea formula cerinţe şi restricţii pe deplin satisfăcătoare dacă elementele/structurile *reale* ar fi omogene şi perfecte din punctul de vedere al execuţiei *curente*. Cum se ştie, însă, din practică, toate construcţiile mecanice sînt neomogene şi prezintă defecte de material, defecte de execuţie, discontinuităţi şi concentrări de eforturi unitare etc. În astfel de condiţii, o utilizare raţională şi eficientă a materialelor tehnice impune însuşirea unor concepte noi privind capacitatea portantă a elementelor, structurilor şi sistemelor cu o anumită stare defectologică (fisuri etc.), respectiv, formularea unor *criterii neclasice* de apreciere cantitativă a alternativelor de distrugere şi, implicit, a riscurilor corespunzătoare.

Mecanica ruperii este o ştiinţă interdisciplinară care, studiind procesul fracturării în elementele şi structurile *reale*, imperfecte (cu discontinuităţi fizice), urmăreşte să fundamenteze teoretic şi să confirme experimental metodele de evaluare cantitativă a *capacităţii disponibile* de rezistenţă mecanică şi, deci, de solicitare adecvată, aceasta în condiţiile considerării atît a discontinuităţilor, ca atare, cît şi a modului specific de comportare sub sarcină a materialelor, în funcţie de caracteristicile dimensionale proprii şi de cele ale regimurilor de exploatare.

Formulîndu-şi obiectivul principal în stabilirea unor corelaţii între tensiunile mecanice şi factorii geometrici definitorii, Mecanica ruperii înlocuieşte caracteristicile mecanice ale proiectării tradiţionale (rezistenţa la rupere, rezilienţa, duritatea etc.) prin mărimi fizice noi, care definesc *univoc* aşa-numita rezistenţă mecanică, mecano-chimică etc. a materialelor. Aceste mărimi sînt (v. şi STAS 9760-84):

— *factorul de intensitate al tensiunii* (mecanice $\rightarrow$ K), în $N/mm^{3/2}$, care exprimă concentrarea tensiunii, într-un corp elastic, în zona adiacentă vîrfului unei fisuri ale cărei flancuri au tendinţa să se deschidă deplasîndu-se — pentru $K=K_I$ — după o direcţie perpendiculară pe flancurile fisurii sub acţiunea solicitărilor aplicate corpului; factorul K (stress intensity factor) este proporţional cu sarcina aplicată, depinzînd de lungimea fisurii şi de dimensiunile epruvetei*;

— *factorul critic de intensitate al tensiunii* (mecanice $\rightarrow K_C$), uzual denumit *tenacitate la rupere*, în $N/mm^{3/2}$, care se identifică cu factorul K în condiţiile stării plane de deformare căreia îi corespunde *prima extindere* a fisurii;

— *deplasarea de deschidere a fisurii* (δ), în mm, care reprezintă deplasarea flancurilor fisurii din îndepărtarea acestora — pentru $\delta=\delta_I$ — sub acţiunea forţei aplicate;

— *deplasarea critică de deschidere a fisurii* (δ_C), în mm.

Fondatorii teoriilor moderne privind mecanica ruperii materialelor sînt Griffith, Orowan, Irwin, Yokobori, Wells, Dugdale, Mushkelishvili, Nadai, Mc Clintock, Sanz ş.a.

Modurile de extindere a fisurilor. Evoluţia unei fisuri şi, deci, modul cum aceasta se extinde, respectiv se propagă, depinde determinant

---

* Alte unităţi de măsură pentru factorul K: $1\ MN/m^{3/2} = 1\ MPa \cdot m^{1/2} = 31,62\ N/mm^{3/2}$ (STAS 9760-84).

de starea de eforturi unitare existentă în zona în care ea este plasată. După mişcarea relativă a suprafeţelor de rupere, situate de o parte şi de alta a planului în care se extinde fisura, evoluţia şi, deci, propagarea acesteia se poate realiza — potrivit modelului lui Irwin [6] — în conformitate cu următoarele *moduri fundamentale de deplasare* (fig. 17.2):

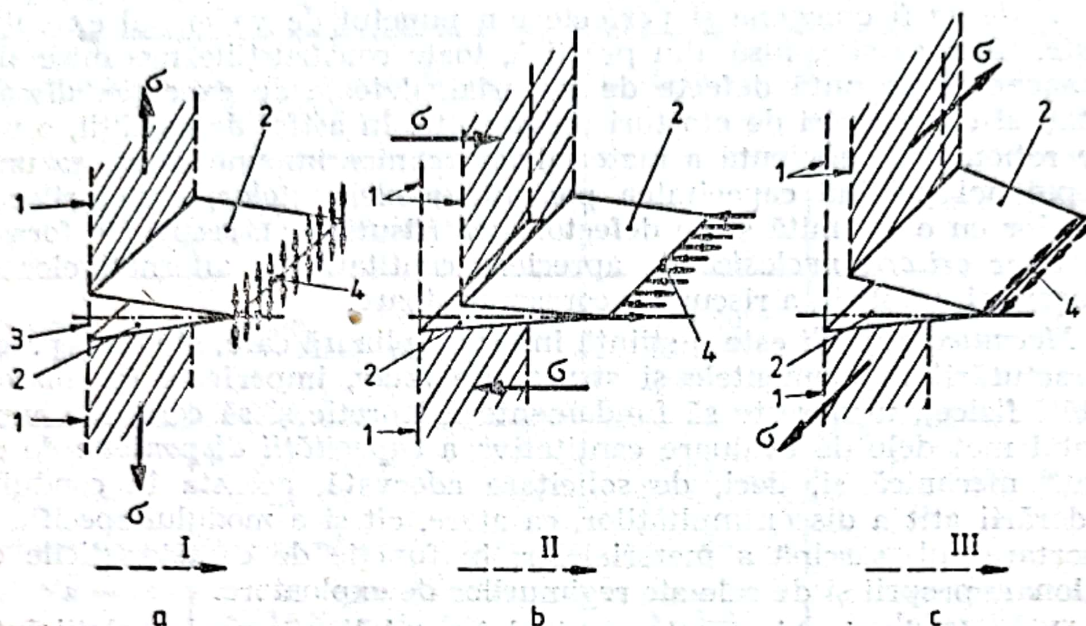


Fig. 17.2. Modurile fundamentale de deplasare, respectiv de extindere (propagare) a fisurilor — modelul Irwin [6]:

a — deschiderea fisurii *(modul I sau 1)*; *b* — lunecarea dreaptă *(modul II sau 2)*; *c* — lunecarea curbă *(modul III sau 3)*; *1* — suprafaţa atacată de coroziune; *2* — suprafeţele (flancurile) fisurii; *3* — frontul fisurii; *4* — rădăcina (vîrful) fisurii.

Observaţie. Săgeţile de la rădăcina fisurii indică sensul deplasării punctelor aparţinînd suprafeţei fisurate. Săgeţile punctate (notate cu *I*, *II* şi *III*) indică sensul extinderii, respectiv al propagării fisurii (în figură, de la stînga înspre dreapta).

— *modul I (1)* → fisura se extinde prin *deschidere*, punctele aparţinînd suprafeţei de fisurare deplasîndu-se normal la planul fisurii (fig. 17.2, *a*);

— *modul II (2)* → fisura se extinde prin *lunecare dreaptă, frontală*, deplasările punctelor din suprafaţa de fisurare efectuîndu-se în planul fisurii, perpendicular pe marginea acesteia şi în sensul avansării sale (fig. 17.2, *b*);

— *modul III (3)* → fisura se extinde prin *lunecare curbă, laterală* sau *spirală*, deplasările punctelor din suprafaţa de fisurare efectuîndu-se de asemenea în planul fisurii, însă paralel cu frontul acesteia.

Evident, toate celelalte moduri de fisurare posibile pot fi descrise prin *suprapunerea*, respectiv prin combinarea corespunzătoare a celor trei moduri fundamentale precizate. Deoarece expresia analitică a tensiunii mecanice din vîrful fisurii depinde de modul extinderii acesteia, rezultă că şi energia de deformare *elastică*, eliberată prin *rupere*, se evaluează în funcţie de modul respectiv *I, II* sau *III* (*1, 2* sau *3*). Cele mai multe şi mai periculoase cedări intempestive, brutale sau fragile, survin

după modul *I (1)*, pentru care energia de deformare elastică *dosponibilă* și deplasările frontului fisurii sînt *maxime*.

Factorul de intensitate al tensiunii. Factorul de intensitate al tensiunii mecanice, notat cu K, reprezintă măsura *amplificării* eforturilor unitare respective σ, generate de prezența unei fisuri, în raport cu aceleași eforturi unitare *nominale*, existente într-un element (epruvetă etc.) în absența fisurii.

În Mecanica ruperii materialelor *liniar elastice* se demonstrează că, pentru fisurile străpunse ascuțite, la distanțe mici de vîrful acestora, tensiunea mecanică σ tinde spre o dependență liniară de inversul rădăcinii pătrate a distanței (fig. 17.3). Așadar, relația dintre tensiunea mecanică și distanță prezintă o *singularitate* care este situată în vîrful fisurii, pentru cazul unei fisuri *străpunse*, de lungime $2a$, situate într-o placă infinită solicitată la întindere *monoaxială* (după direcția axei y — fig. 17.3) rezultînd [7]:

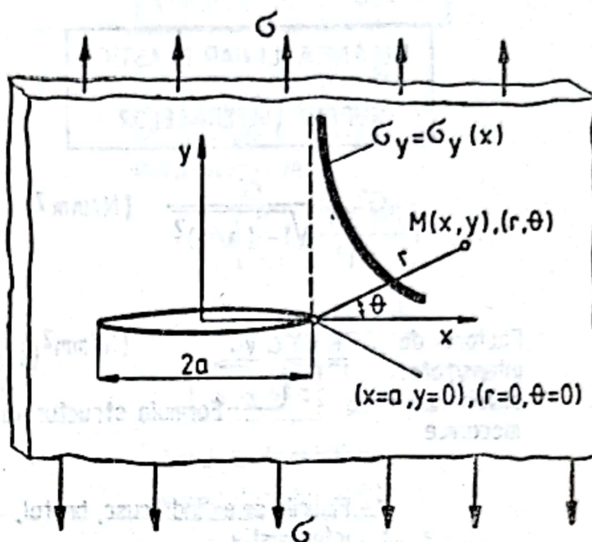


Fig. 17.3. Ilustrarea exemplificativă a efectului unei fisuri străpunse ascuțite [8].

$$\sigma_y=\sigma/\sqrt{1-(a/x)^2},\quad [\mathrm{N/mm^2}], \tag{1}$$

unde σ este tensiunea mecanică nominală, în $\mathrm{N/mm^2}$.

Factorul de intensitate al tensiunii are următoarea *formulă structurală* [4, 7, 8]:

$$K=Y\sigma\sqrt{a},\quad [\mathrm{N/mm^{3/2}}], \tag{2}$$

în care Y este o mărime (funcție) adimensională ce depinde de geometria elementului (epruvetei → STAS 9760-84), a structurii sau a sistemului. Bunăoară, pentru plăcile omogene solicitate la întindere uniformă monoaxială, avînd o fisură străpunsă cu lungimea $2a$ mai mică decît a șasea parte din lățimea $L=W$ a plăcilor în discuție, adică $2a<L/6=W/6$, se obține expresia [7]:

$$K=\sqrt{\pi}\,\sigma\sqrt{a}=1{,}77245\ \sigma\sqrt{a},$$

deci $Y=\sqrt{\pi}=1{,}77245$. Pentru cele trei moduri fundamentale de extindere (propagare) a fisurii corespund factorii $K_{I}=K_1$, $K_{II}=K_2$ și $K_{III}=K_3$.

Așadar (fig. 17.4), factorul K depinde de geometria elementului, a structurii sau a sistemului studiat, de modul de solicitare și de mărimea, respectiv de intensitatea solicitărilor aplicate. Desigur, pentru o situație dată, primii doi parametri sînt *invariabili* și K este funcție liniară numai de mărimea nominală σ, care acționează perpendicular pe direcția defectului. Crescînd progresiv solicitarea, se constată că, pentru o anumită valoare $\sigma=\sigma_{fis}\ll\sigma_r$, fisurile *se extind brusc*, brutal, intempestiv și *survine ruperea casantă*, fragilă sau brutală. Acea valoare a factorului K, care este determinată cu acest din urmă efort unitar $\sigma=\sigma_{fis}$, se numește *factor critic* de intensitate al tensiunii mecanice și se simbolizează $K_C=K_c=K_{cr}$. De cele mai multe ori, indicele $C\rightarrow c\rightarrow$ cr este pre-

cedat de indicatorul modului fundamental de fisurare căruia îi corespunde factorul K (de exemplu $K_{IC}=K_{Ic}=K_{I\,cr}$ sau $K_{1C}=K_{1c}=K_{1\,cr}$). Cînd fisurarea este de natură mecano-corosivă, atunci factorul critic de intensitate al tensiunii se simbolizează* prin $K_{SCC}=K_{scc}=K_{CORFIS}$ (respectiv $K_{I\,SCC}=K_{I\,scc}=K_{I\,CORFIS}$ sau $K_{1\,SCC}=K_{1\,scc}=K_{1\,CORFIS}$).

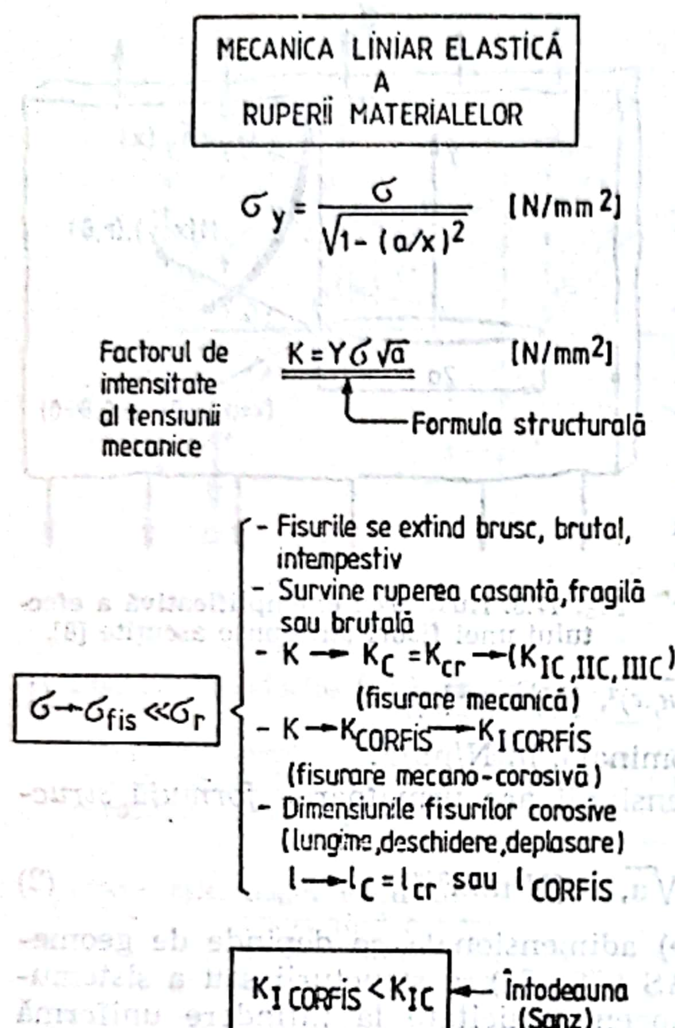


Fig. 17.4. Concepte fundamentale în mecanica liniar-elastică a fracturării (ruperii) materialelor.

Condiţia de fiabilitate şi condiţia de rebutare. Mărimilor critice de tip K le corespund anumite *dimensiuni* (lungime, deschidere, deplasare) *critice* $l_C=l_c=l_{cr}$ sau $l_{SCC}=l_{scc}=l_{CORFIS}$ ale fisurilor, respectiv ale defectelor din element, structură, sistem etc. În consecinţă, *condiţia de fiabilitate* sau *condiţia de securitate tehnică*, enunţată astfel:

$$K_{max}<(K_C,\ K_{CORFIS}), \tag{3}$$

se poate reformula în modul următor:

$$l_{max}<l_C,\ l_{CORFIS}), \tag{4}$$

rezultînd:

$$c_{fis}=\left(\frac{K_c}{K_{max}},\ \frac{K_{CORFIS}}{K_{max}}\right)>1, \tag{5}$$

respectiv:

$$c_{fis}=\left(\frac{l_C}{l_{max}},\ \frac{l_{CORFIS}}{l_{max}}\right)>1, \tag{6}$$

c_{fis} numindu-se coeficient de siguranţă sau *factor de securitate* la fisurare, respectiv la extinderea (propagarea) unor fisuri sau defecte similare primare. În condiţiile unei stări defectologice iniţiale bine evaluate se recomandă $c_{fis}\geqslant 1{,}20$ [8].

Evident, condiţiile (4) şi (6) pot fi utilizate pentru impunerea *dimensiunii admisibile* l_a a defectelor (fisurilor) iniţiale *depistabile* şi, deci, a *condiţiei de rebutare*, rezultînd:

$$l_{max}\leqslant l_a=\left(\frac{l_c}{c_{fis}},\ \frac{l_{CORFIS}}{c_{fis}}\right). \tag{7}$$

Aşadar, factorul critic de intensitate al tensiunii (fig. 17.5) este o *caracteristică a materialului* care evidenţiază susceptibilitatea acestuia la extinderea (propagarea) *instabilă* a fisurilor şi ea individualizează pe deplin materialul dat din punctul de vedere al caracterului şi alternativei ruperilor → fracturărilor (tenace sau brutale, casante/fragile). Valorile factorului $K_{IC}=K_{1C}$ depind de natura materialului (tabelul 17.3), de tempe-

* SCC sau scc → stress corrosion cracking.

CONDIȚIA DE SECURITATE TEHNICĂ
(Condiția de fiabilitate)

$$K_{max} < (K_C, K_{CORFIS})$$

SAU

$$l_{max} < (l_C, l_{CORFIS})$$

RESPECTIV

$$c_{fis} = \left(\frac{K_C}{K_{max}}, \frac{K_{CORFIS}}{K_{max}} \right)$$

SAU

$$c_{fis} = \left(\frac{l_C}{l_{max}}, \frac{l_{CORFIS}}{l_{max}} \right)$$

Factor de securitate tehnică

$$c_{fis} \geq 1{,}20$$

(Coeficient de siguranță)

a

CONDIȚIA DE REBUTARE

Dimensiunea admisibilă (lungime, deschidere, deplasare, adîncime etc.) a fisurilor mecanocorosive

$$l_a = \left(\frac{l_C}{c_{fis}}, \frac{l_{CORFIS}}{c_{fis}} \right)$$

Condiția de admisibilitate

$$l_{max} \leq l_a$$

Disponibilitate peste min. 17%

Condiția de rebutare (insecuritate tehnică)

$$l_{max} > l_a$$

Disponibilitate sub 17% sau Indisponibilitate

b

Fig. 17.5. Condiții determinante în circumstanțele de fracturare: *a* — condiția de securitate tehnică; *b* — condiția de rebutare.

ratură (fig. 17.6), de acțiunea mediilor ambiante și de lucru (coroziune, influența hidrogenului etc.), de intensitatea radiațiilor penetrante etc.

În general, valorile factorului K_{IC} sînt de ordinul a 1 000 . . . 7 000 N/mm$^{3/2}$ pentru oțelurile de rezistență înaltă (de tip OÎR), 2 000 . . . 4 000 N/mm$^{3/2}$ pentru oțelurile de rezistență mijlocie (de tip ORM) și 700 . . . 1 500 N/mm$^{3/2}$ pentru aliajele de aluminiu.

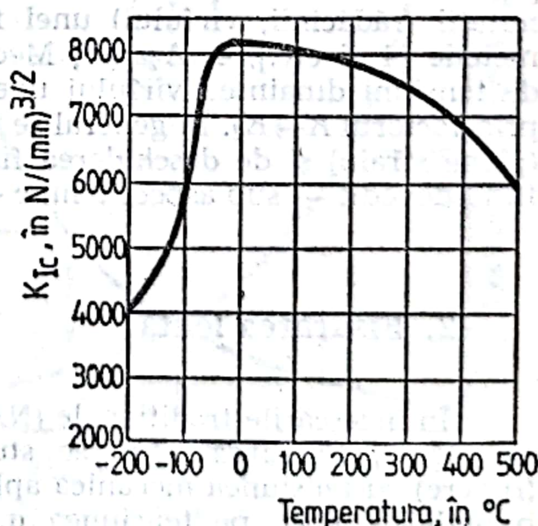


Fig. 17.6. Dependența de temperatură a factorului critic de intensitate al tensiunii în cazul unui oțel [15].

Observații. 1. Fisurile, considerate ca atare în analiza matematică a Mecanicii materialelor, au la rădăcină (vîrf) o rază de curbură nulă. Prin urmare, factorul K de intensitate al tensiunii nu se poate confunda cu coeficientul (factorul) α_k de concentrare a tensiunilor mecanice. De altfel, coeficientul (factorul) α_k se poate calcula cu formulele clasice ale lui Neuber [9]. 2. În condițiile deformării elastoplastice a elementelor, structurilor și sistemelor cu fisuri (defecte), solicitate mecanic, drept *criteriu de rupere* se utilizează așa-numita integrală $J \rightarrow J_{IC} = J_{I\,CORFIS}$

Tabelul 17.3. **Valorile factorului K_{IC} pentru cîteva materiale tehnice [8]**

Materialul	Rezistenţa de rupere σ_r, în MPa (N/mm²)	Limita tehnică de curgere $\sigma_{0,2}$, în MPa (N/mm²)	Factorul critic de intensitate al tensiunii K_{IC}, în N/mm³ᐟ²
AISI 4340	1 950	—	3 050
AISI 4340	1 800	—	7 100
AISI 4340	1 700	—	6 400
SAE 4340 H	—	1 600	1 800
300 M	1 950	—	4 750
300 M	1 800	—	6 900
Airsteel X-200	2 100	—	3 000
Airsteel X-200	1 950	—	3 750
Airsteel X-200	1 800	—	3 200
Airsteel X-200	1 700	—	4 450
Maraging Steel 300	—	1 900	1 300
Maraging Steel 250	—	1 800	800
Maraging Steel 300	—	1 650	1 500
H—11	2 100	—	700 ... 3 550
H—11	1 950	—	1 650
H—11	1 800	—	3 200
H—11	1 700	—	3 850
Vascojet 1 000	2 100	—	1 200
Super Hy Tuf.	1 800	—	1 900
Super Hy Tuf.	1 700	—	1 050 ... 1 450
Al 7075	—	500	1 100 ... 1 350
Al 6061 T6	—	—	2 300
Ti—6Al—4V	1 400	—	1 450
Ti 155 A	1 550	—	900 ... 1 000
A 533 B	—	550	3 200
Oţeluri de medie rezistenţă	Circa 490	—	2 500
ASTM A 302 B	—	360	1 900
Oţeluri de tip OL 37	410	240	2 800
Oţeluri de tip OL 52	590	440	3 400

[4]. 3. Studierea cîmpurilor de tensiuni şi deformaţii în vecinătatea extremităţii (rădăcinii, vîrfului) unei fisuri se poate concretiza prin diferite metode [4, 6 etc.]. 4. Aşadar, Mecanica ruperii ia în consideraţie cîmpul de tensiuni dinaintea vîrfului unei fisuri preexistente şi-l caracterizează prin factorul $K \rightarrow K_I$. În general se ţine seama de starea plană de deformare (plane strain) şi de deschiderea fisurii după modul *I* (fig. 17.2, *a*), acesta fiind dovedit — sub aspect tehnic — ca *extrem de periculos* [2-4, 7, 8 etc.].

2. Fisurarea lentă

În încercările tradiţionale (NACE — S.U.A.) de rezistenţă la CORFIS, de regulă, fisurarea lentă se studiază corelînd durata pînă la cedare (rupere) cu tensiunea mecanică aplicată (fig. 17.7), metoda corespunzătoare bazîndu-se, deci, pe tensiunea σ. Evident, durata luată în consideraţie acoperă toate cele trei stadii ale cedării prin CORFIS (v. fig. 17.1).

Conform precizărilor din lucrările [8, 13], fisurarea lentă într-un mediu corosiv poate fi perfect descrisă numai prin intermediul factorului

de intensitate al tensiunii, metoda corespunzătoare bazîndu-se, deci, pe factorul $K \rightarrow K_I$. În această ultimă alternativă, însă, evoluţia cedării prin CORFIS, respectiv evoluţia fisurii, se poate urmări doar în stadiile 2 şi 3. Pentru ilustrare, se consideră o epruvetă cu fisură centrală, care se solicită mecanic prin intermediul unor forţe de întindere aplicate în axa transversală a fisurii. Asemenea epruvetă posedă proprietatea că, atunci

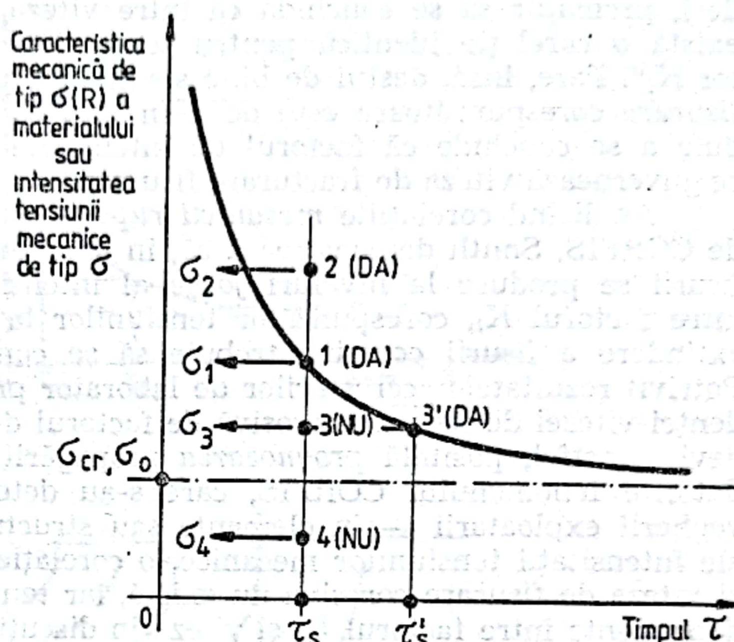


Fig. 17.7. Curba tipică a coroziunii fisurante [8].

cînd dimensiunile fisurii cresc — forţele aplicate rămînînd *constante* —, factorul K_I se *diminuează*, iar tensiunea mecanică nominală σ se *amplifică* (fig. 17.8)*.

Experimental s-a constatat că, pentru anumite combinaţii „lungime de fisură—sarcină aplicată", propagarea lentă într-un mediu corosiv a fisurii date *se opreşte*. Or, dacă fisurarea (fracturarea) corosivă lentă ar fi controlată prin intensitatea tensiunii σ, ea n-ar trebui să se blocheze, deoarece σ creşte în permanenţă. Dacă, dimpotrivă, fisurarea (fracturarea) lentă în discuţie se controlează prin intermediul factorului K_I, atunci se înţelege că ea trebuie să se oprească la un moment dat, întrucît eforturile unitare la extremitatea fisurii se diminuează în intensitate cînd fisura se propagă (fig. 17.8).

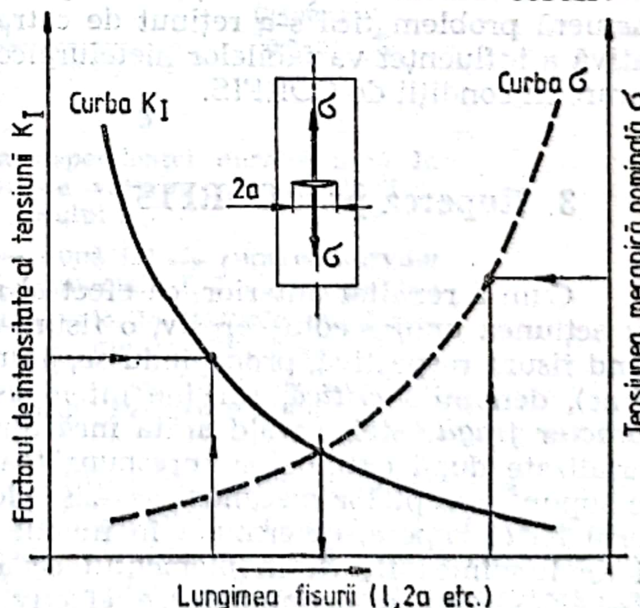


Fig. 17.8. Variaţia mărimilor K_I şi σ cu creşterea lungimii de fisurare (după [13]).

Relaţiile cantitative dintre fisurarea lentă şi factorul K_I s-au studiat

* Paris P. C., Sih G. C. In: ASTM-STP, *381*, 30—81.

de către diferiţi cercetători [4, 10, 13 etc.]. Bunăoară, efectuînd încercări cu K_I=*const* (ceea ce presupune modificarea sarcinilor aplicate epruvetei pe măsură ce fisura se propagă), Johnson şi Willner au dovedit că viteza de fisurare este o funcţie *liniară* de factorul K_I. Un rezultat asemănător a obţinut şi Van der Sluys. Alţi cercetători, dimpotrivă, au constatat că dependenţa respectivă este o funcţie *neliniară* [10, 13]. Este, deci, prematur să se conchidă că între viteza de fisurare şi factorul K_I există o corelaţie identică pentru toate sistemele „mediu corosiv—factor K_I". Pare, însă, destul de bine stabilit că, pentru K_I=*const*, viteza de fisurare corespunzătoare este de asemenea *constantă* [12], ceea ce îngăduie a se conchide că factorul de intensitate al tensiunilor K_I este cel ce guvernează viteza de fracturare/fisurare.

Analizînd corelaţiile *mecanicii ruperii elastoplastice* în circumstanţe de CORFIS, Smith demonstrează că, în abordarea *liniară*, cînd extinderea fisurii se produce la niveluri *joase* al intensităţii tensiunilor mecanice, între factorul K_I, corespunzător tensiunilor la vîrful fisurii şi viteza de extindere a fisurii corosive trebuie să se constate o *corelaţie univocă*. Potrivit rezultatelor cercetărilor de laborator privind cuantificarea dependenţei vitezei de fisurare corosivă de factorul de intensitate al tensiunilor, devine, astfel, posibilă *prognozarea* propagării în continuare a fisurilor, datorite fenomenului CORFIS, care s-au detectat — în timpul supravegherii exploatării — în elemente sau structuri. Pentru niveluri *înalte* ale intensităţii tensiunilor mecanice, o corelaţie univocă între integrala J şi viteza de fisurare corosivă nu există, iar tentativa de formulare a unei dependenţe între factorul K_I şi viteza în discuţie nu îngăduie prognozarea extinderii ulterioare a fisurilor detectate la un moment dat. De această dată, utilitate maximă prezintă numai rezultatele măsurării sub *sarcină constantă* a vitezei de extindere a fisurilor. Prin urmare, la niveluri înalte ale intensităţii tensiunilor mecanice, dependenţa de ultimele a vitezei de extindere a fisurilor, în circumstanţe de CORFIS, furnizează rezultate mai credibile decît dependenţa de factorul K_I. De remarcat că o asemenea manieră problematică s-a reţinut de către Smith pentru evaluarea cantitativă a influenţei variabilelor metalurgice asupra vitezei de fisurare/fracturare în condiţii de CORFIS.

3. Ruperea prin CORFIS

Cum a rezultat anterior, ca efect al unei solicitări mecanice, asociate cu acţiunea unui mediu corosiv, o fisură se poate extinde (propaga) lent. Cînd fisura respectivă, propagîndu-se, ajunge la o ultimă dimensiune (lungime), denumită *critică*, survine intempestiv *ruperea bruscă, brutală, cu caracter fragil*. Steigerwald arăta încă din 1960 că asemenea ruperi, materializate după extinderea corespunzătoare a fisurilor datorite CORFIS, se supun preceptelor mecanicii aşa-zise *clasice* a ruperii materialelor, factorul K_I *la rupere*, determinat în funcţie de tensiunea mecanică aplicată şi de lungimea fisurii în momentul cedării intempestive, notîndu-se cu $K_{IC}=K_{Ic}=K_{I\,cr}$ şi denumindu-se efectiv sau *critic*. Alţi cercetători au obţinut rezultate identice [3, 10 etc.].

Din ilustrarea sugestivă redată în fig. 17.9 rezultă că, atunci cînd fisura se *extinde*, propagîndu-se, factorul K_I *creşte* (fig. 17.9, *b*) şi pentru $K_I=K_{IC}$ survine intempestiv *ruperea brutală*. Totodată, se pune în

evidenţă o valoare anume, *specială*. $K_{I\,CORFIS}$, a factorului K_I, sub care *fisurile de natură mecano-chimică nu se mai extind*, respectiv nu se mai propagă (fig. 17.9, *a*). Modelul ilustrativ considerat în lucrările [3, 10] a avut ca bază epruvete pentru determinarea factorului critic K_{IC}, cărora li s-au aplicat sarcini astfel, încît $K_{I\,1,2,3,\ldots} < K_{IC}$. Apoi, extremitatea fisurilor, amorsate, s-a supus acţiunii unui mediu corosiv. Ca efect al materia-

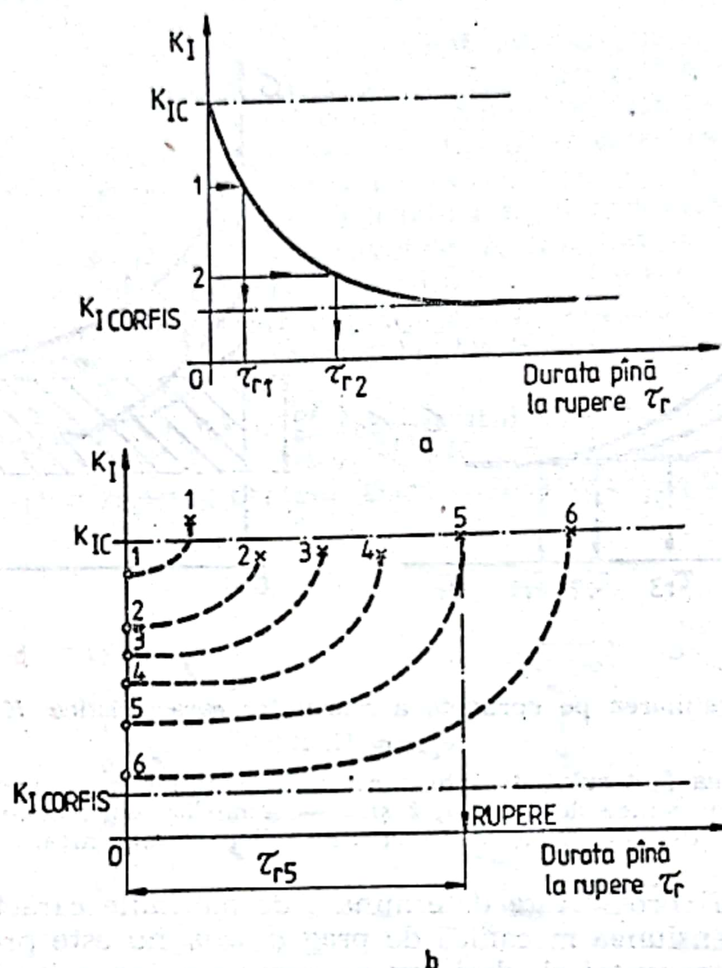


Fig. 17.9. Ilustrarea dependenţei duratei pînă la rupere prin fisurare de valorile iniţiale ale factorului K_I:

a — după [10]; *b* — după [3] → ruperea survine atunci cînd $K_I \to K_{IC}$; punctele *1*, *2*, ... de pe axa ordonatelor corespund valorilor *iniţiale* ale factorului K_I; τ_{r1}, τ_{r2}, ... — duratele după care fisurile respective, propagîndu-se, ajung la lungimea lor *critică*, cauzînd *ruperea brutală*.

lizării acţiunii concomitente (în continuare) a sarcinii *statice* şi a mediului *agresiv*, fisurile s-au propagat lent, factorul $K_{I\,1,2,3,\ldots}$ a crescut şi, la momentul $\tau_{r\,1,2,3,\ldots}$, el atingînd valoarea K_{IC}, a survenit *ruperea brutală* (fig. 17.9, *b*). Transpunînd într-o diagramă (fig. 17.9, *a*) toate valorile obţinute $K_I \to K_{IC}$, în funcţie de valorile corespunzătoare τ_r, se pune în evidenţă o *asimptotă orizontală* de ordonată $K_{I\,CORFIS}$, astfel că:

$$K_{I\,1,2,3,\ldots} < K_{I\,CORFIS}, \qquad (8)$$

în această ultimă alternativă ruperea brutală *fiind exclusă*.

Beachem şi Brown [1] au verificat experimental că valoarea factorului $K_{I\,CORFIS}$ nu depinde de tipul epruvetei, însă durata τ_r este sensibil dependentă de tipul epruvetei (fig. 17.10, *a*). Tot experimental s-a mai constatat că, pentru două sau mai multe epruvete de acelaşi tip, se obţine o singură şi aceeaşi valoare $K_{I\,CORFIS}$ (fig. 17.10, *a*), dar nu rezultă o singură şi aceeaşi valoare $\sigma_{cr}=\sigma_0$ (fig. 17.10, *b*). Conform cu [13], fisurarea

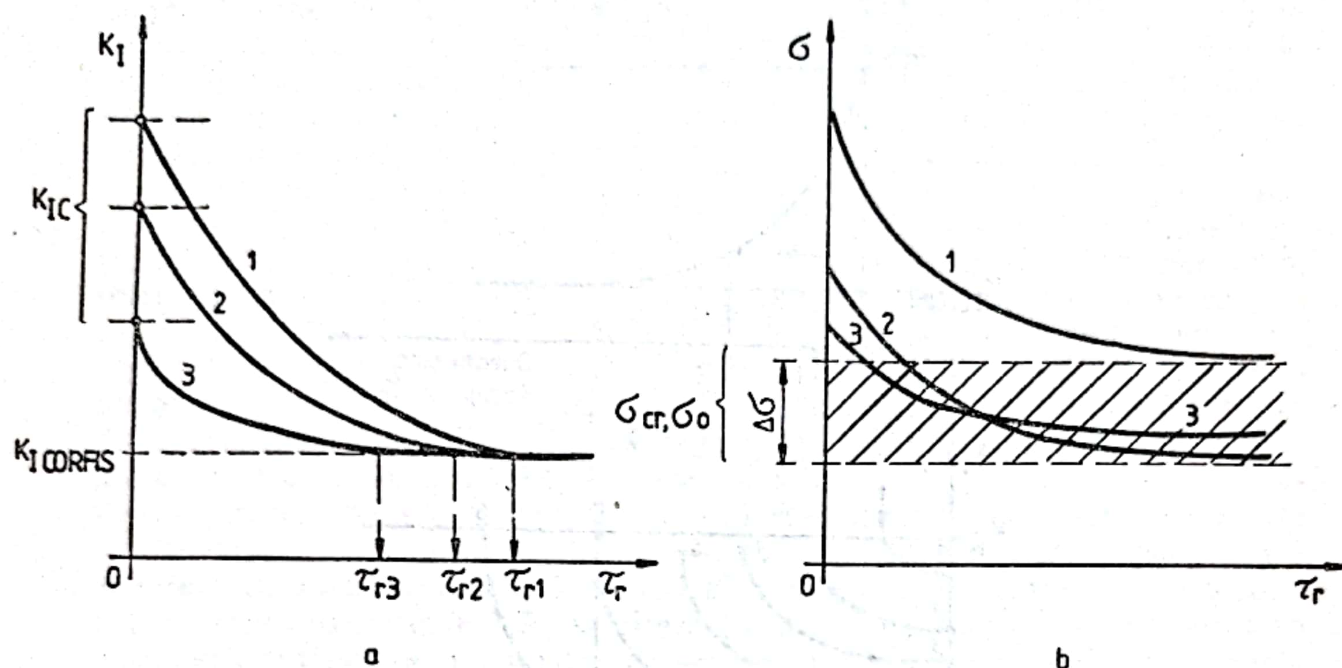


Fig. 17.10. Determinarea pe epruvete a mărimilor caracteristice K_{IC}, $K_{I\,CORFIS}$ şi $\sigma_{cr}=\sigma_0$ [1, 13]:

a — determinarea factorului de intensitate al tensiunilor mecanice; *b* — determinarea tensiunii mecanice de prag; *1*, *2* şi *3* — semnifică epruvetele (*1*, *2* sau *3*) cu diferite forme de fisuri şi de solicitare mecanică.

lentă în mediu corosiv este determinată de mărimile caracteristice K_I şi $\sigma_{cr}=\sigma_0$, însă tensiunea mecanică de prag $\sigma_{cr}=\sigma_0$ nu este prea influenţată de geometria epruvetei şi, deci, nu se impune ca un *criteriu* în procesul distructiv *CORFIS*.

Sanz [12] consemnează cu insistenţă că factorul $K_{I\,CORFIS}$ nu depinde decît de sistemul „material-mediu agresiv" şi demonstrează că între K_{IC} şi $K_{I\,CORFIS}$ nu există o anumită corelaţie, dar întotdeauna se obţine:

$$K_{I\,CORFIS}<K_{IC}. \tag{9}$$

Cunoscînd rezistenţa mecanică de întrebuinţare a unui material tehnic şi plecînd de la $K_{I\,CORFIS}$, se poate calcula *lungimea critică* sub care fisurile nu se pot extinde brusc, intempestiv, formulele utilizabile fiind cele ştiute din mecanica clasică a ruperilor [3, 4, 7 etc.]. Dacă, de asemenea, se cunoaşte *curba completă* $K_I-\tau_r$ (fig. 17.9, *a* şi 17.10, *a*), atunci chiar se poate determina dimensiunea critică l_{cr} a defectului care va genera o rupere brutală la finele unui anumit interval τ_r.

Toate epruvetele specifice mecanicii ruperii pot fi utilizate în studierea fenomenelor *CORFIS*, însă unele dintre ele sînt mai preferate, pentru că nu necesită maşini speciale de încercare şi anume (se foloseşte terminologia anglo-saxonă) [2, 3]:

— epruveta *WOL* (Wedgeopen-Loaded-Compact-K_{IC}-Specimen), model 1964 (autor Manjoine M. J.), descrisă de către foarte mulți autori și extrem de folosită;

— epruveta de tip *TDCB* (Tapered-Double-Cantilever-Beam-Specimen), declarată necorespunzătoare de către Speidel;

— epruveta de tip *CTS* (Compact-Tension-Specimen), care este o variantă a epruvetei *WOL*;

— epruveta de tip *DCB* (Double-Cantilever-Beam-Specimen), foarte preferențial utilizată (autor Rolfe S. T.), fiind o epruvetă cu autoîntindere; o variantă a epruvetei *DCB* a fost concepută de către Dahlberg E. P. (1968); Berggreen [2] apreciază că epruveta de tip *DCB* este cea mai adecvată pentru cercetările privind coroziunea fisurantă.

Lucrările [1, 12 etc.] și STAS 9760-84 rețin epruvete *de încovoiere* (similare celor de reziliență) și epruvetele *de tracțiune cu crestătură* (de tip *WOL*), primele fiind din ce în ce utilizate mai mult. Fisurarea lentă se poate urmări prin examinare optică directă, prin măsurarea deplasării (cu traductor extensometric rezistiv) la deschiderea fisurii și prin examinare ultrasonică (emițător 10 MHz).

Din fig. 17.11 rezultă că, în momentul cînd valoarea efectivă K_I depășește valoarea critică K_{IC}, deci $K_I > K_{IC}$, fisura de lungime l devine *instabilă*, generînd *ruperea brutală*. Dacă mediul tehnologic sau cel înconjurător cauzează *prin coroziune* o extindere lentă a unei fisuri (într-o epruvetă, de exemplu), pentru care — inițial — $K_I < K_{IC}$, atunci această extindere, denumită *subcritică*, implică o continuă amplificare a factorului K_I și în momentul cu $K_I = K_{IC}$ survine inevitabil *ruperea instabilă*. Evident, valoarea inițială *minimă* K_I, pentru care se produce ruperea prin *CORFIS*, se identifică cu valoarea critică $K_{I\,CORFIS}$. Așadar, simplexul $(K_{I\,CORFIS}/K_{IC})$ constituie un *indicator al susceptibilității* materialului la

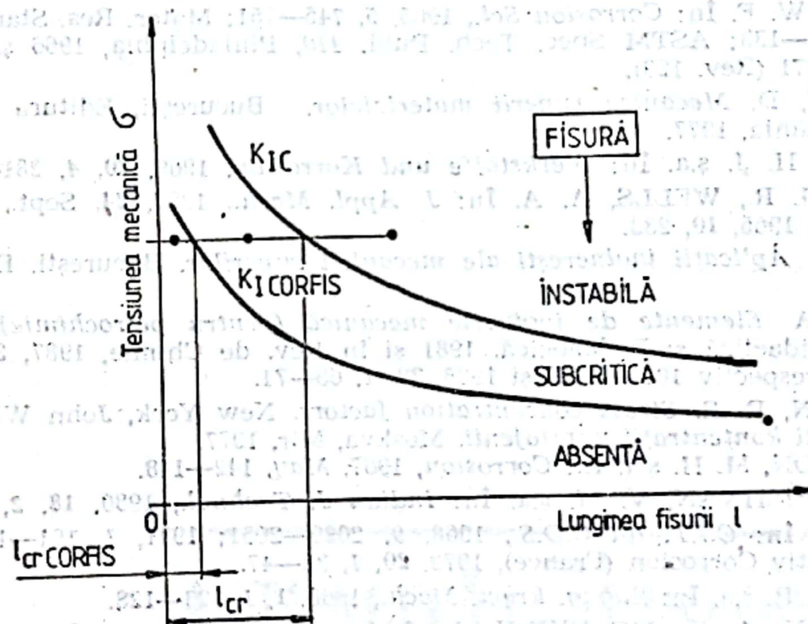


Fig. 17.11. Corelația generală dintre factorii K_{IC} și $K_{I\,CORFIS}$, pe de o parte și lungimea fisurii l, pe de altă parte, corespunzătoare unui așa-numit *sistem de coroziune* (constituit din materialul tehnic pus în operă și agentul corosiv dat) [2].

fisurarea corosivă, factorul $K_{I\ CORFIS}$ fiind o caracteristică* (o constantă) a materialului dat, dependentă de gradul de predeformare, de temperatura metalului, de viteza de solicitare etc. [2].

Studiind experimental fracturarea prin *CORFIS* a două tipuri de oţeluri cu conţinut mijlociu de carbon (0,32% şi, respectiv, 0,35%), într-un mediu de 10% soluţie de hidroxid de sodiu, Radhakrishnan [11] a obţinut: $K_{I\ CORFIS}$=1 250 N/mm$^{3/2}$ — pentru oţelul cu 0,35% C şi $K_{I\ CORFIS}$= =1 345 N/mm$^{3/2}$ — pentru oţelul cu 0,32% C.

BIBLIOGRAFIE

1. BEACHEM, C. D., BROWN, B. F. În: ASTM-STP, *425*, 31—40.
2. BERGGREEN, J. În: *Werkstoffe und Korrosion*, 1970, **21**, *8*, 640—645.
3. BROWN, W. F. În: *Corrosion Sci.*, 1965, *5*, 745—751; Mater. Res. Standards, 1966, *Mars*, 129—133; ASTM Spec. Tech. Publ. *410*, Philadelphia, 1966 şi Met. Rev., 1968, **13**, 171 (Rev. 129).
4. CIOCLOV, D. *Mecanica ruperii materialelor.* Bucureşti, Editura Academiei R. S. România, 1977.
5. ENGELL, H. J. ş.a. În: *Werkstoffe und Korrosion*, 1969, **20**, *4*, 281—300.
6. IRWIN, G. R., WELLS, A. A. În: *J. Appl. Mech.*, 1957, **24**, Sept., 361—364 şi Met. Rev., 1965, **10**, 233.
7. PANĂ, T. *Aplicaţii inginereşti ale mecanicii ruperilor.* Bucureşti, Editura Tehnică, 1974.
8. PAVEL, A. *Elemente de inginerie mecanică (pentru petrochimie).* Bucureşti, Editura Didactică şi Pedagogică, 1981 şi în Rev. de Chimie, 1987, **38**, *10* şi *11*, 922—932, respectiv 1021—1029 şi 1988, **39**, *1*, 65—71.
9. PETERSON, R. E. *Stress concentration factors.* New York, John Wiley, 1974 şi *Koeffiţienţi konţentraţii napriajenii.* Moskva, Mir, 1977.
10. PETTERSON, M. H. ş.a. În: *Corrosion*, 1967, *May*, 142—148.
11. RADHAKRISHNAN, V. M. ş.a. În: *Indian J. Technol.*, 1980, **18**, *2*, 67—69.
12. SANZ, G. În: *C.I.T. du C.D.S.*, 1968, *9*, 2029—2051; 1971, *1*, 161—169 şi 201—227, respectiv Corrosion (France), 1972, **20**, *1*, 38—47.
13. SMITH, H. R. ş.a. În: *Engng. Fract. Mech.*, 1968, **1**, *1*, 123—128.
14. TETELMAN, A. S., MC EVILY, A. J. *Fracture of structural materials.* New York, J. Wiley, 1967.
15. WESSEL, E. T. ş.a. *Engineering methods for the design and selection of material against fracture.* Final Techn. Rep. No. DA-30-069-AMC-602 (T), 1966.

* Determinată potrivit standardelor ASTM (S.U.A.).

TM
CM

VII

ACTUALITĂȚI ȘI INFORMAȚII TEHNICO - ȘTIINȚIFICE

18

A VII-a Conferință Națională de Mașini-Unelte

Prof. dr. ing. *Vasile Moraru*
Institutul Politehnic București

Înscrisă printre manifestările științifice de prestigiu din țara noastră, ajunsă la cea de a VII-a ediție a sa, prezenta ediție s-a desfășurat în condiții de excepție, cu mare rezonanță în viața partidului și statului nostru, la cîteva zile de la încheierea lucrărilor plenarei comune a Comitetului Central al Partidului Comunist Român și a celorlalte organisme ale democrației muncitorești revoluționare.

Conferința Națională de Mașini-Unelte a pus în evidență stadiul atins de cercetarea științifică și dezvoltarea tehnologică într-un domeniu de frunte al industriei noastre socialiste, în general, și al construcțiilor de mașini, în particular — industria de mașini-unelte — deci al mașinilor producătoare de mașini, aparate, instalații și utilaje din cele mai variate domenii ale economiei naționale, începînd cu microelectronica și terminînd cu tehnica nucleară, și a făcut, în bună măsură, un bilanț al realizărilor în materie și a jalonat perspectivele de dezvoltare în continuare în domeniul cercetării, proiectării, fabricării, montării, încercării și exploatării mașinilor-unelte, reunind cele mai valoroase cadre de specialitate din învățămînt, cercetare-proiectare și producție, în rîndul cărora și-a căpătat o binemeritată consacrare, bucurîndu-se de un larg prestigiu și ecou. Organizarea Conferinței de către Institutul Politehnic București, împreună cu Institutul Central pentru Industria Electrotehnică, prin catedra de Mașini-Unelte și Scule și respectiv I.C.S.I.T. — TITAN, a asigurat și la ediția actuală o largă participare a celor mai valoroși specialiști din domeniu, ceea ce a conferit un înalt nivel al comunicărilor și al dezbaterilor ce au avut loc în cadrul conferinței.

Împreună cu cadrele didactice universitare bucureștene au fost prezente cadre didactice și din celelalte centre universitare — Brașov, Cluj-Napoca, Galați, Craiova, Suceava, Pitești, mulți specialiști din ministerele economice, din centralele industriale, din puternicele colective de producători de mașini-unelte — Întreprinderea de Mașini-Unelte și Agregate București, Întreprinderea Mecanică din Cugir, Întreprinderea de Mașini-Unelte din Arad, Întreprinderea „Înfrățirea“ Oradea, Întreprinderea Utilaj Greu Craiova, Întreprinderea Mecanică Bistrița, Întreprinderea „Neptun“ Cîmpina, Întreprinderea de Utilaje și Piese de Schimb Reghin, Întreprinderea „Semănătoarea“ București, Întreprinderea „Ceahlăul“ P. Neamț, Întreprinderea de Aparate Electrice Industriale Titu, Întreprinderea Electronica București, Întreprinderea „Electro-Argeș“ Curtea de Argeș, ca și numeroși specialiști din cercetare proiectare de la I.C.S.I.T. — Mașini-Unelte „TITAN“ București cu diversele sale filiale, de la I.C.S.I.T. — Mecanică Fină și Scule, de la I.C.S.I.T. — Tehnică de Calcul și Informatică ș.a.

Au fost prezentate, în cele 5 secţiuni, în total, 176 lucrări. Prima dintre secţiuni, intitulată „Cinematică, dinamică şi organologie", a reunit 45 lucrări, cu un accent deosebit pe maşinile de danturat roţi dinţate conice cu dinţi curbi, pe asocierea lanţurilor cinematice închise şi pe proiectarea asistată de calculator la maşinile-unelte şi prese.

Cea de a doua secţiune, „Sisteme flexibile şi roboţi industriali", a cuprins 35 lucrări referitoare la componente — magazine de scule, magazine de capete multiax, mese paletabile, centre de prelucrare — ca şi la strategii de organizare a configuraţiei acestor sisteme, pentru piese de rotaţie şi pentru piese prismatice.

Secţiunea a treia, „Acţionări hidraulice, pneumatice şi electrice", a grupat 27 lucrări privind noi tipuri de pompe, motoare, servoventile, blocuri, ghidaje, sisteme de acţionare pentru maşini-unelte, roboţi industriali şi prese.

A patra secţiune, aşchiere şi scule aşchietoare, a programat 35 lucrări orientate în principal pe proiectarea asistată de calculator a sculelor aşchietoare, ca şi pe studiul detaşării aşchiilor la prelucrarea unor tipuri noi de materiale.

Cea de a cincea secţiune, „Fabricaţie, tehnologie, încercare, asigurarea calităţii", a reunit 34 lucrări referitoare la creşterea preciziei de prelucrare, procedee noi de prelucrare, convenţionale sau neconvenţionale, pentru diverse tipuri de suprafeţe interioare şi exterioare.

Din tematica comunicărilor se desprinde cu pregnanţă larga arie de probleme abordate şi direcţiile principale de cercetare axate pe cele mai stringente teme cerute de dezvoltarea şi evoluţia rapidă care au loc în domeniul maşinilor-unelte, unele dintre cele mai autorizate şi reprezentative purtătoare de progres tehnic, unde îşi dau mîna deopotrivă electronica şi automatica, fizica solidului şi calculatorul, mecanica fină şi mecanica fluidelor, robotica şi cibernetica.

Se remarcă preocupările pentru cele mai recente realizări în materie, pe plan naţional şi internaţional, cum sînt celulele şi liniile flexibile de fabricaţie, introducerea tehnicilor moderne de investigaţii, calcul, analiză şi sinteză, cercetare şi proiectare asistată de calculator, perfecţionarea roboţilor şi conducerea maşinilor şi a fabricaţiei acestora cu calculatoare de proces, utilizarea aparaturii servo- şi microprocesoarelor etc.

Creşterea calităţii şi fiabilităţii produselor, mărirea productivităţii maşinilor-unelte individuale sau asociate în linii şi sisteme diverse, economisirea materialelor deficitare, economia de energie şi combustibil, noi tipuri de maşini-unelte, noi tehnologii convenţionale şi neconvenţionale şi scule de înaltă productivitate şi eficienţă, reprezintă o altă categorie de tematici de mare actualitate, abordate la conferinţă.

Interes au prezentat multe teme, din care se enumeră doar cîteva, cum sînt: maşina-unealtă de danturat cu cap dublu de frezat roţi conice în epicicloidă alungită; maşină de rulat caneluri şi filete; sistem flexibil de prelucrat piese prismatice; asupra concepţiei şi realizării secţiilor şi uzinelor automatizate flexibil; studii comparative privind utilizarea betonului în structura montanţilor maşinilor orizontale de alezat şi frezat; sistem de echilibrare hidraulică la maşinile-unelte; manipulatoare şi roboţi industriali cu consum redus de energie şi siguranţă sporită în funcţionare; electrorefularea — tehnologie nouă de mare eficienţă; refularea roţilor de lanţ — tehnologie modernă ce asigură creşterea calităţii şi productivităţii, precum şi un consum minim de material şi energie.

19

Scurte informații tehnice*

• **Folosirea sîrmei de calciu pentru îmbunătățirea proprietăților oțelului.** Mai mult de 80% din defectele pieselor turnate din oțel carbon și slab aliat sînt legate de reoxidarea lui la turnarea în formă. Adaosul de Ca în oțel permite micșorarea cantității și îmbunătățirea formei incluziunilor nemetalice, ceea ce conduce la: îmbunătățirea proprietăților oțelului, a fluidității, a calității suprafeței pieselor turnate, ușurarea operației de curățire a lor. Calciul se introduce în metalul lichid învelit cu sîrmă de oțel. (Foundry Management Technology, 1988, v. 116, nr. 4).

• **Piese bimetalice turnate.** Întreprinderea GISAG (R.D.G.) a studiat procesul de realizare a pieselor turnate bimetalice. Ele se obțin în forme combinate alcătuite din piesa de bază și o cavitate în care se toarnă al doilea metal lichid prin intermediul unei rețele de turnare. Sînt date exemple practice de realizare a acestui proces tehnologic în cazurile: corp de plug, lamă de tăiere pentru măcinarea deșeurilor de brichete de cărbune brun, elemente ale ciocanului de burat al instalației de pozat calea ferată și ale lanțului excavatorului cu multe cupe. Procedeul a permis creșterea substanțială a rezistenței la uzare a acestor piese, a indicatorilor economici (Giesserei technick, nr. 3, 1988, p. 81—86).

• **Prelucrarea de finisare a pieselor turnate.** Firma Man-Roland Eduard Bautz (R.F.G.) livrează centre de prelucrare cu robot tip Robamat A.2.3 pentru prelucrarea pieselor turnate prin șlefuire, incluzînd îndepărtarea bavurilor, îndepărtarea elementelor rețelei de turnare, curățirea rămășițelor lor și șlefuirea brută a surpafețelor de bazare. Puterea instalată a transmisiei pietrei de rectificat este 30 kW, viteza periferică a acesteia 60—100 m/s, ceea ce asigură înaltă productivitate instalației.

Centrul e dotat cu mecanisme automate de trimitere, dintr-un depozit, a pieselor turnate la prelucrare. Rapida reglare a instalației la schimbarea nomenclaturii pieselor de prelucrat deschide posibilități de folosire a ei nu numai la producția de masă sau serie mare ci și la serie mică. Piesele turnate prelucrate au diametrul $\leqslant$600 mm, înălțimea $\leqslant$300 mm și masa $\leqslant$30 kg (Giesserei, nr. 2/3, 1988, p. 7).

• **Tratarea topiturii cu sîrmă de magneziu pentru obținerea fontelor de înaltă rezistență.** Firma Tesro Corp. (S.U.A.) a lansat un procedeu de obținere a fontelor de înaltă rezistență direct în oala de turnare cu ajutorul sîrmei de magneziu. Față de procedeul tradițional prezintă următoa-

* Grupaj de informații tehnice realizat prin traduceri selectate și prelucrate, din diferite reviste, de Oleg Crămărescu.

rele avantaje: lipsesc pierderile de căldură; nu se impurifică fonta cu cantităţi suplimentare de siliciu; se asigură condiţii mai bune de muncă în turnătorie; procesul nu necesită oale speciale şi poate fi uşor automatizat. Pentru introducerea sîrmei în topitură se utilizează sisteme semiautomate (corespunzător patentului nr. EP 0066305 B1) care asigură viteză de introducere strict constantă, de la 0 la 3 000 mm/s. La începutul procesului se face un calcul automat al consumului şi vitezei de introducere a sîrmei. Timpul de prelucrare, 30 ... 90 s, cantitatea de Mg introdusă în fontă, 0,13 ... 0,20% (la conţinut iniţial de sulf în topitură 0,01 ... 0,02%), gradul de asimilare a lui, 35 ... 38%. Procedeul este eficace în special la prelucrarea unor cantităţi mici de metal, în condiţii de turnare automată în formă. Investiţiile pentru introducerea procedeului sînt relativ mici, (Modern Casting 1988, v. 78, nr. 2, p. 40—41).

• În U.R.S.S. a fost construit **agregatul ZPS 350-2M pentru laminarea roţilor dinţate de modul mare** din semifabricate matriţate. Rezistenţa la uzură a roţilor dinţate laminate este cu 20—25% mai mare decît a roţilor executate prin frezare. De asemenea se economiseşte pînă la 15—20% metal. Agregatul poate prelucra roţi cu diametrul pînă la 300 mm, cu lăţimea pînă la 70 mm. Productivitatea este de 40—50 roţi dinţate pe oră. (Kuznecino-svarocinoe proizvodstvo, U.R.S.S., nr. 4, 1988).

• Cu ajutorul unui strung tip, cu automatul de încărcare prin sudură montat pe el, a fost realizată **o instalaţie folosită pentru recondiţionarea organelor de maşini** prin încărcarea şi prelucrarea acestora în cadrul unei singure operaţii. Se face încărcarea, îndepărtarea zgurii, frezarea şi rectificarea cînd piesa încărcată mai este caldă, durata de servici a sculelor crescînd de sute de ori. Agregatul a fost realizat la Institutul de ingineri de căi ferate din U.R.S.S. (Znanie-Sila U.R.S.S., nr. 11, 1988).

• În Marea Britanie a fost inventat un **aparat care face procesul de coroziune reversibil.** O piesă ruginită, plasată în aparat, după cîteva ore devine ca nouă, păstrîndu-şi forma şi proprietăţile metalului. Aparatul este bazat pe faptul că moleculele de hidrogen în condiţii de vid se combină cu oxigenul din rugină. (Znanie-Sila, U.R.S.S., nr. 10, 1988).

• În U.R.S.S. se produc **profile bimetalice pentru scule,** executate prin presarea la cald a pulberilor plasate în capsule: în interior este pulberea oţelului obişnuit, iar la exterior din oţel rapid. Astfel, se obţine o bară bimetalică care, prin ascuţire, devine sculă aşchietoare cu tăişul din oţel rapid. Natural că preţul acestor scule este mult redus. (Tehnika molodeji, U.R.S.S., nr. 10, 1988).

• La Institutul metalurgic din Dnepropetrovsk s-au obţinut **plăci din aliaj de ferocrom amorf cu grosimea de 2 mm.** Pînă acum aşa-numitele sticle metalice se obţineau cu grosimi de numai cîţiva micrometri. Noua sticlă s-a dovedit a fi de 10 ori mai rezistentă la coroziune în medii agresive decît cele mai bune oţeluri inoxidabile. În acelaşi timp ea este mai dură, iar ca rezistenţă la uzură nu este mai prejos decît carbura de wolfram. (Tehnika molodeji, U.R.S.S., nr. 10, 1988).

• În Japonia s-a început producţia de **cuie din material plastic.** Ele au o serie de avantaje faţă de cuiele obişnuite: nu se magnetizează, nu ruginesc, se taie cu uşurinţă, se pot bate uşor, într-adevăr, de preferat cu un ciocan pneumatic. De asemenea, se fixează foarte robust în

material, pentru a extrage un cui plastic este necesară o forță de 4—6 ori mai mare decît pentru extragerea unui cui obișnuit. (Tehnika molodeji, U.R.S.S.. nr. 7, 1988).

• În Bulgaria se produce **instalația „Iscăr-500" pentru tăierea cu ajutorul laserului cu CO_2** a oricăror figuri din tablă de oțel cu grosimea pînă la 6 mm sau din material plastic sau placaj, cu grosimea pînă la 1 cm. Programul de decupare se introduce în „creierul" electronic al instalației. Tăierea se desfășoară cu viteza de 2—4 m pe minut și are o precizie de 10 micrometri. Lățimea tăieturii este de 0,02 mm. (Nauka i jizni, U.R.S.S., nr. 11, 1988).

LA EDITURA TEHNICĂ

Au apărut:

Benni M. ş.a.
CARTEA MAISTRULUI PRELUCRĂTOR. Vol. I

Minciu C.
BROŞAREA. Vol. I şi II

Coşneanu C., Ştefănescu Cl.
SISTEME DE AMESTECURI DE FORMARE PENTRU TURNĂTORII

Dodoc P.
TEORIA ŞI CONSTRUCŢIA APARATELOR OPTICE. Vol. I şi II

Riposan I. ş.a.
FONTA BAINITICĂ

Vor apărea:

Cheşa I. ş.a.
MĂRCI ŞI PRODUSE DIN OŢEL

Constantinescu I., Dăneţ G.
METODE NOI PENTRU CALCULE DE REZISTENŢĂ

Oprean A. ş.a.
ACŢIONĂRI ŞI AUTOMATIZĂRI HIDRAULICE

Vlase A. ş.a.
TEHNOLOGII DE PRELUCRARE PE STRUNGURI

Dudiţă Fl. ş.a.
MECANISME PLANE ARTICULATE

Tehnoredactor: OLIMPIADA NISTOR
Coperta: SIMONA DUMITRESCU

Bun de tipar: 29.05.1989.
Coli tipar: 15,75.
C.Z. 621.7+9:9:62-1:66

ISBN 973-31-0028-5

Tiparul executat sub comanda nr. 77/1989, la
Întreprinderea Poligrafică „Crișana" Oradea,
str. Leontin Sălăjan nr. 105.
Republica Socialistă România



TCMM

Seria de lucrări TCMM, cu caracter de instruire, informare şi documentare pentru un cerc larg de lucrători din principalele ramuri industriale ale economiei naţionale, este editată anual în 2–3 volume cu circa 300 pagini fiecare, avînd preţul antecalculat de $\approx$ 25 lei/volum.

În anul 1989 a fost prevăzută apariţia a două volume, în care sînt abordate tematici din mari domenii:

— modernizarea producţiei industriale;
— concepte şi strategii în promovarea progresului tehnic;
— calitate, fiabilitate, mentenabilitate;
— maşini, utilaje, echipamente, aparatură, SDV-uri;
— tehnologii moderne şi de mare eficienţă economică;
— interdisciplinaritate, note tehnico-documentare;
— cataloage de produse industriale.

La această publicaţie, dată fiind importanţa pe care o prezintă lucrările seriei pentru rezolvarea problemelor modernizării întreprinderilor şi producţiei industriale, abordînd tematici în strînsă legătură cu acestea, este necesară rezervarea din timp a unor volume (fără avansarea prealabilă de fonduri băneşti). Pentru aceasta trebuie să trimiteţi (cu cîteva luni înainte de apariţia volumului respectiv) comenzile dv. cu caracter ferm (cu indicarea contului de virament pentru întreprinderi, institute de cercetare şi proiectare, şantiere şi instituţii, respectiv adresa exactă, pentru cititori) Centrelor de Librării, judeţene sau orăşeneşti sau ale Cooperaţiei de Consum din raza teritoriului în care activaţi. Plata se face prin rambursare la primirea exemplarelor comandate.

EDITURA TEHNICĂ

Serie continuă de studii şi cercetări aplicative, sinteze documentare, actualităţi şi materiale informative consacrate progresului tehnic contemporan din domeniile ingineriei tehnologice, promovării noilor tehnologii, calităţii produselor, materialelor, maşinilor, utilajelor, echipamentelor, aparaturii şi SDV-urilor.

5

ISBN 973-31-0028-5

Lei 24